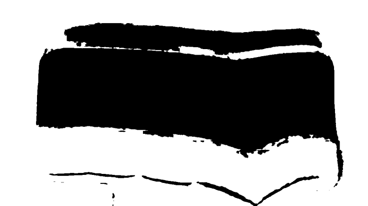
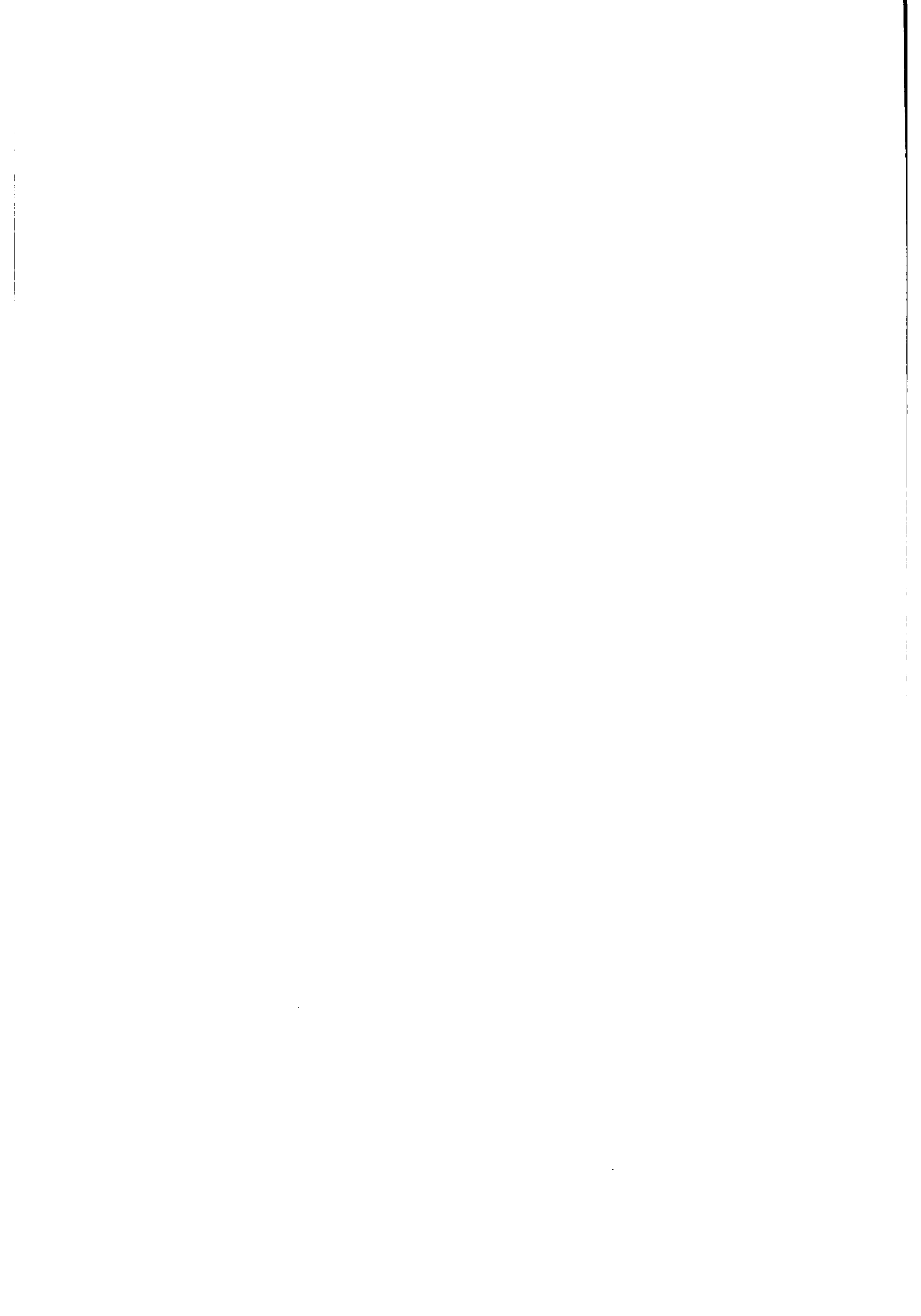












Physiologische Untersuchungen

über

Dickenwachstum und Holzqualität

von

Pinus silvestris

von

Dr. Frank Schwarz,

Professor der Botanik an der Forstakademie Eberswalde, Vorstand der pflanzenphysiologischen Abteilung der Hauptstation für das forstliche Versuchswesen in Preussen.



Mit 9 Tafeln und 5 Textfiguren.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1899.

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle seiner Excellenz dem Herrn Minister für Landwirtschaft, Domänen und Forsten, Freiherrn von Hammerstein-Loxten, sowie seiner Excellenz dem Herrn Oberlandforstmeister Donner meinen gehorsamsten Dank für die Unterstützung auszusprechen, welche dieselben meiner Arbeit zu teil werden liefsen.

Die Beschaffung des geeigneten Untersuchungsmaterials wurde mir durch das liebenswürdige Entgegenkommen der Herren Oberforstmeister Runnebaum, Forstmeister Dr. Kienitz, Forstmeister Prof. Dr. Schwappach und Forstmeister Zeising ermöglicht, bei der Berechnung der Beobachtungsresultate wurde ich durch meinen Assistenten Herrn Forstassessor E. Herrmann unterstützt, es ist mir eine angenehme Pflicht auch diesen Herren hierfür verbindlichst zu danken.

F. Schwarz.

Inhalt.

Einleitung.

Die Physiologie hat nicht nur die Funktionen der einzelnen Organe und Gewebe festzustellen, sondern auch die Abhängigkeit der Pflanzenform und der Ausbildung der Gewebe von den wirksamen Faktoren zu untersuchen. Einer derartigen Untersuchung sind hauptsächlich nur die quantitativen Unterschiede in der Ausbildung der Gewebe und in der Gröfse des Wachstums zugänglich, während die durch Vererbung gegebenen qualitativen Unterschiede einer physiologischen Begründung entzogen sind. Es giebt jedoch auch qualitative Unterschiede, wie z. B. zwischen Frühholz und Spätholz bei der Kiefer, welche sich bei genauerer Betrachtung nur als graduelle Differenzen in der Gröfse der Zellen und der Dicke der Wandung darstellen und deshalb ebenfalls einer physiologischen Untersuchung unterworfen werden können.

Die vorliegende Arbeit ist bestimmt über jene Faktoren Aufschlufs zu geben, welche die Form des Stammes der gemeinen Kiefer bestimmen und in den Gang des Dickenwachstums eingreifen. Zugleich habe ich die Unterschiede in der Beschaffenheit des Kiefernholzes untersucht, wobei ich meine Aufmerksamkeit speziell den Ursachen der Spätholzbildung gewidmet habe. Naturgemäfs läfst sich demnach meine Arbeit in zwei Teile gliedern, von denen der erste das Dickenwachstum des Kiefernstammes, der zweite die Spätholzbildung behandelt.

Eine erneute Untersuchung der bei dem Dickenwachstum des Holzkörpers der Bäume wirksamen Faktoren mufste in erster Linie darauf ausgehen ein umfangreiches und zuverlässiges Beobachtungsmaterial zu schaffen. Es schien mir daher vorteilhaft zu sein zunächst eine bestimmte Species genauer zu untersuchen; eine derartige Beschränkung ergab sich von selbst aus der grofsen Menge der für meine Zwecke erforderlichen mikroskopischen Messungen — ich habe deren ca. 60—70 000 ausgeführt — und der hiermit verbundenen Rechenarbeit. Unter den in Eberswalde gegebenen Verhältnissen bot entschieden die gemeine Kiefer, Pinus silvestris, die gröfsten Vorteile. Abgesehen von der grofsen praktischen Bedeutung, welche der Anbau dieser Holzart besitzt, stand mir von Pinus silvestris das vollständigste Material zur Verfügung, das eine Auswahl zu speziellen Zwecken gestattete. Da die Kiefer unter sehr mannigfaltigen äufseren Bedingungen wächst, konnte auch der Einflufs des verschiedenen Standortes berücksichtigt werden. Aufserdem zeigt die Kiefer im Vergleich zu anderen

Nadelhölzern eine relativ deutlich abgegrenzte Spätholzzone, wodurch die Beurteilung der Holzqualität sehr wesentlich erleichtert wurde.

Wenn nun auch ein grofser Teil der an der Kiefer festgestellten Thatsachen für andere Baumarten gelten wird, so möchte ich doch hervorheben, dafs eine Verallgemeinerung nicht durchwegs zulässig ist, und selbst unter den Nadelhölzern Differenzen zu bestehen scheinen.

Die prinzipielle Grundlage meiner Arbeit bildet die Anschauung, dafs durch die Funktion selbst ein Reiz gegeben ist, welcher sowohl die Form als den innern Aufbau des Kiefernstammes reguliert. Am deutlichsten tritt dies in Bezug auf die Funktion der mechanischen Festigung hervor, wo die Gröfse der mechanischen Beanspruchung als Reiz wirkt, welcher die Verteilung des Zuwachses auf die verschiedenen Regionen des Stammes bestimmt und den Stamm in der Form eines Trägers gleichen Widerstandes ausbildet. Zugleich greifen ähnliche mechanische Faktoren als Reiz in die Ausbildung der Tracheiden ein, wodurch das Verhältnis von Frühholz und Spätholz, also die Qualität des Holzes beeinflufst wird. Diese quantitative und qualitative Anpassung an die mechanische Beanspruchung kann nur dann eine so vollständige sein, wie sie es in der That ist, wenn durch die als Reiz wirkende mechanische Beanspruchung selbst eine Regulierung des Zuwachses herbeigeführt wird. Im Gegensatz zu dieser Anschauung stehen die Ansichten von R. Hartig, A. Wieler und anderen, welche in erster Linie Ernährungsfaktoren zur Erklärung der Verschiedenheiten des Zuwachses heranziehen. In diesem Falle würden jene Anpassungen an die Gröfse der mechanischen Beanspruchung nur als etwas Nebensächliches, gewissermafsen ein Nebenprodukt der Ernährungsvorgänge erscheinen, und eine auf lokale Differenzen Rücksicht nehmende Anpassung wäre überhaupt nicht möglich.

Äufsere Reize werden nur innerhalb jener Grenzen wirksam sein können, welche durch die der Species innewohnende Reaktionsfähigkeit gegeben sind. Diese Reaktionsfähigkeit ist eine durch Vererbung erlangte Eigenschaft, welche aber in den einzelnen Altersstadien des Baumes und je nach den äufseren Verhältnissen verschiedene Abstufungen aufweist.

Für die Verteilung des Dickenzuwachses am Baum sind andere Faktoren mafsgebend als für die Gröfse des Gesamtzuwachses und es ist ein direkter Fehler beides durch die gleichen äufseren Faktoren erklären zu wollen. Wir werden im folgenden die Wirkung verschiedener äufserer Faktoren sowie ihre Beziehungen zur Verteilung und Gröfse des Dickenwachstums kennen lernen. Speziell habe ich meine Aufmerksamkeit der Beeinflussung des Dickenwachstums durch die in den einzelnen Jahren verschiedene Temperatur und Regenmenge, sowie der Wirkung des Insektenfrafses gewidmet. Durch das Studium dieser Erscheinungen war es möglich über den Einflufs der Ernährung auf den Zuwachs, welchem bisher eine so grofse Bedeutung zugewiesen wurde, Aufschlufs zu gewinnen.

Mit der Aufnahme der Nahrung sowie durch die Übertragung immaterieller Energien werden in der Pflanze Energiepotentiale (Spannkräfte)

geschaffen, die jedoch nur teilweise für das Wachstum dienstbar gemacht werden. Eine specifische Wachstumsenergie in dem Sinne der bekannten Energieformen (chemische, molekulare, mechanische, thermische etc. Energie) giebt es natürlich nicht. Da eine derartige Verwechselung ausgeschlossen ist, dürfen wir aber die für das Wachstum disponiblen oder verwendeten Spannkräfte als Wachstumsenergie zusammenfassen. Wir können auch den Unterschied zwischen potentieller und aktueller (kinetischer) Energie auf die Energiemengen übertragen, die zur Umsetzung für das Wachstum vorhanden sind resp. thatsächlich durch bestimmte Reize für das Wachstum aktiviert werden. Eine Messung dieser potentiellen Wachstumsenergie ist nicht möglich, da für das Wachstum keine gesonderten Energiepotentiale in der Pflanze aufgespeichert sind. Die Wachstumsgröfse, welche wir bestimmen, ist nur ein Mafs für die aktuelle Wachstumsenergie, das uns wenigstens an gleichartigen Pflanzenteilen einen Vergleich der Wachstumsenergie ermöglicht.

Die für das Wachstum verwendeten Betriebskräfte resultieren aus den Energieen und Stoffen, die bereits vorher auf das betreffende Individuum übertragen sind und eventuell auch während der Wachstumszeit aufgenommen werden. Es folgt daraus, dafs das Alter einer Pflanze, sowie eines Pflanzenteils auf das Wachstum von Einflufs sein mufs, indem die späteren Stadien von den Leistungen der vorausgegangenen Perioden abhängig sind. Es waren demnach in meiner Arbeit auch die durch das Alter gegebenen Unterschiede zu berücksichtigen. Die Wachstumsenergie ist nicht in allen Teilen eines Baumes die gleiche, weshalb auch die Wachstumsgröfse, welche durch dieselben Faktoren ausgelöst wird, verschieden ist.

Da die mannigfaltigsten Neukombinationen, Selbstregulierungen und Ausgleichungen von Energieen möglich sind, mufs auch die Wachstumsenergie eine veränderliche Gröfse sein, wobei sowohl eine Steigerung als eine Herabminderung derselben in der ganzen Pflanze oder nur lokal eintreten kann.

Der Effekt, welchen auslösend wirkende Faktoren hervorbringen, wird einerseits von der Gröfse der (potentiellen) Wachstumsenergie, andererseits von der Intensität der wirksamen Reize abhängen, wenn der Effekt der Stärke der auslösenden Kräfte auch nicht proportional ist. In einer gegebenen Zeit kann bei gröfserer Wachstumsenergie und weniger günstigen äufseren Faktoren der gleiche Effekt erzielt werden, resp. die gleiche Masse zuwachsen, als bei geringerer Wachstumsenergie und günstigerer Kombination der auslösenden Faktoren. Aufser dieser Wechselwirkung zwischen Wachstumsenergie und den auslösenden Faktoren kommt natürlich noch die Dauer der Einwirkungen für das Mafs des schliefslich erreichten Zuwachses in Betracht.

Was hier im allgemeinen für das Wachstum ausgeführt wurde, gilt natürlich auch für den Spezialfall des Dickenwachstums, mit welchem wir uns im folgenden zu beschäftigen haben werden.

Erster Teil.
Das Dickenwachstum.

Erstes Kapitel.
Die zur Bestimmung des Dickenwachstums angewendete Methode. Das Untersuchungsmaterial.

Bei meinen Untersuchungen kam es darauf an, das Dickenwachstum der einzelnen Jahre zu bestimmen. Den Kubikinhalt dieses Zuwachses am ganzen Baum zu bestimmen, wäre kaum ausführbar gewesen, besonders da es sich um eine gröſsere Anzahl von Stämmen handelte. Ich habe daher das Dickenwachstum nur an einzelnen Querschnitten bestimmt, welche dem unbeasteten Stammteile und der Hauptachse innerhalb der Krone in verschiedener Höhe entnommen wurden. Indem diese Querscheiben ungefähr gleichmäſsig der verschiedenen Höhen der Hauptachse entnommen wurden, erhielt man in den Mittelwerten aus sämtlichen Scheiben Werte, die doch annähernd ein Bild des Gesamtwachstums lieferten.

Bei diesen Bestimmungen handelt es sich um zweierlei: erstens um die an einem Querschnitt zugewachsene Fläche, kurz ausgedrückt den Flächenzuwachs, zweitens um den Radius des Zuwachses d. h. die Jahresringbreiten. Der Flächenzuwachs allein giebt uns Werte für den Zuwachs, die bei verschiedener Dicke des Stammes vergleichbar sind, während die Bestimmung der Jahresringbreite mehr geeignet ist, über die Intensität der Zellteilung ein Urteil zu gewinnen.

Wäre das Holz durchweg aus gleichartigen Zellen zusammengesetzt, so hätte man in dem Flächenzuwachs einer Scheibe zugleich ein Maſs für die zum Dickenwachstum an diesem Querschnitt verbrauchten Nahrungsstoffe. Da jedoch bei gleicher Fläche zur Bildung des Spätholzes mehr Substanz notwendig ist, als zur Bildung des Frühholzes, so stellt der Flächenzuwachs nur ein annäherndes Maſs für den Verbrauch an plastischem Material dar. Immerhin können wir in Ermangelung von etwas Besserem den Flächenzuwachs als einen wenn auch nicht vollständig richtigen Ausdruck des Stoffverbrauchs zum Dickenwachstum ansehen. Der Flächenzuwachs giebt bei hohem Spätholzprozent für den Stoffverbrauch etwas zu niedrige Werte an.

Die Gröfse des Radius giebt kein genaues Bild von der Zellteilungsfrequenz in radialer Richtung, weil die Zellen unter günstigen Wachstumsverhältnissen in radialer Richtung stärker gestreckt sind. Namentlich in den zu Anfang gebildeten Jahresringen ist der Zellradius durchweg kleiner, die Zellteilungsfrequenz im Vergleich zu alten Scheiben daher gröfser, als dies durch die Ringbreite angegeben wird. Bei älteren Jahresringen findet unter Umständen ein Ausgleich statt, indem eine Verkleinerung der Frühholzzellen mit einer Vergröfserung der Spätholzzellen (in radialer Richtung) zusammenfällt, und auf diese Weise trotz sehr verschiedener Ringbreiten die mittlere radiale Ausdehnung der Zellen annähernd gleich bleiben kann. In den verschiedenen Höhen desselben Stammes ist die mittlere radiale Ausdehnung der Zellen nicht allzu verschieden, es kann daher in diesem Falle die Ringbreite als annäherndes Mafs der Zellteilungsfrequenz angesehen werden.

Zur Bestimmung des Flächenzuwachses wurden an den Scheiben die Jahresringbreiten immer an vier über Kreuz gestellten Seiten gemessen und zwar wurde zu diesem Zwecke zumeist die Nord-, Ost-, Süd- und Westrichtung beibehalten. Die Messungen wurden an Dünnschnitten [1]) auf mikroskopischem Wege mit einer der Breite der Jahresringe entsprechenden Vergröfserung bewerkstelligt. Sehr breite Ringe wurden durch Auflegen eines Glasmafsstabes, der in $^1/_{10}$ mm geteilt war, gemessen, in welchem Falle bei der Ablesung mit einer starken Lupe noch $^1/_{20}$ mm geschätzt werden konnten. Die geschwärzte Teilung des Glasmafsstabes lag der sorgfältig geglätteten Holzfläche direkt auf und war durch das Glas hindurch abzulesen.

Zu den Untersuchungen wurden möglichst runde, auch am Wurzelanlauf gleichmäfsig gewachsene Stämme ausgewählt, um durch die Unregelmäfsigkeit der Querschnittsfläche bedingte Fehler zu vermeiden. Die Scheiben konnten daher als Kreisflächen berechnet werden und der Zuwachs eines Jahres als Differenz zweier Kreisflächen betrachtet werden. Vollständig konzentrisch gewachsene Scheiben lagen natürlich nicht vor, dieselben dürften überhaupt sehr selten sein.

Zur Berechnung der Flächen wurde das Mittel der vier über Kreuz gemessenen Jahresringbreiten verwendet. Die Summe dieser Mittelwerte ergab den Radius der Scheibe. Wurden nicht sämtliche Jahresringe einer Scheibe gemessen, so mufste natürlich der Radius der Scheibe besonders gemessen werden. Zur Berechnung der Flächen aus den Radien wurden »M. F. Kuntze's siebenstellige Kreisflächen« benutzt, welche die Kreisflächen für alle Durchmesser von 0,01 bis 99,99 angeben. Da die Radien in Millimeter mit zwei Dezimalen gegeben waren, reichten die vier Stellen des in den Tafeln gegebenen Durchmessers nicht immer aus. Es wurde in diesem Falle in der Tafel die Fläche zu dem halben

---

[1]) Ein grofser Teil der Schnitte wurde durch den Modelltischler der landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin, Herrn Michel hergestellt.

oder dem dritten Teil des Durchmessers nachgeschlagen und diese Fläche mit 4 resp. 9 multipliziert.

In unseren Tabellen sind die Zuwachsflächen durchweg in Quadratcentimeter angegeben.

Zugleich mit der Jahresringbreite wurde auch die Breite der Spätholzzone gemessen. Um die ohnehin schon sehr zahlreichen Berechnungen nicht unnötig zu vermehren, wurde die Menge des Spätholzes nur in Prozenten der Jahresringbreite ausgedrückt und die Flächen des Spätholzes nicht besonders berechnet. Auf die Fläche bezogen, sind diese Spätholzprozente etwas zu niedrig, doch ist dieser Fehler, wie ich mich für einzelne Fälle überzeugte, gering und darf in Anbetracht der Unsicherheit der Grenzen zwischen Spätholz und Frühholz ohne Bedenken vernachlässigt werden. In Anbetracht dieses Umstandes habe ich für die Spätholzprozente Dezimalstellen nicht berechnet.

Betreffs der Darstellung des Wachstums durch Kurven möchte ich noch bemerken, daſs ich die Zeit durchweg auf der Abscissenachse aufgetragen habe, auf der Ordinatenachse dagegen den Flächenzuwachs der einzelnen Jahre, respektive den jährlichen Durchschnittszuwachs für die einzelnen meist zehnjährigen Perioden. Das Steigen und Fallen des Zuwachses kann hierdurch übersichtlicher dargestellt werden, als wenn man die Gröſse der Kreisflächen aufträgt, die in den betreffenden Zeitabschnitten erreicht werden. In letzterem Falle machen sich, besonders wenn man wie z. B. bei R. Weber[1]) für die Kurven einen zu kleinen Maſsstab anwendet, die vorhandenen Unterschiede nur in unvollkommener Weise geltend.

Was das Untersuchungsmaterial anbelangt, so stammen die Kiefern Nr. 1—43 und 51 aus den um Eberswalde liegenden kgl. Oberförstereien Biesenthal, Eberswalde und Chorin, Nr. 44 aus der Oberförsterei Cummersdorf (Reg.-Bez. Potsdam) Nr. 46—50 aus der Oberförsterei Nicolaiken (Reg.-Bez. Gumbinnen). Kiefer Nr. 45 war eine in einem Topf gewachsene Kiefer. Die Kiefern Nr. 1—45 habe ich selbst untersucht, während ich die Messungen für die Kiefern Nr. 46—50 Herrn Professor Dr. Schwappach verdanke.

Die folgenden Angaben sollen über die Herkunft, das Alter, die Höhe und die Kronenausbildung der einzelnen Kiefern orientieren, sowie den Standort derselben kurz bezeichnen. Was das Alter anbelangt, so habe ich in der zweiten Spalte die Zahl der Jahresringe für die Scheiben 0,2 bis 0,3 m über dem Boden angegeben. nur bei den mit einem * bezeichneten Kiefern wurde die Ringzahl in 1,3 m Höhe bestimmt. Bei den Schwappachschen Kiefern (V. Gruppe) lag die unterste Scheibe 1 m über dem Boden. Es ist also in allen Fällen eine entsprechende Anzahl von Jahren hinzuzurechnen, um das richtige Alter zu erhalten.

---

[1]) R. Weber, Untersuchung über den Flächenzuwachs von Querschnitten verschiedener Nadelholzstämme. Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift 1896 S. 220ff.

I. Gruppe: Kiefern auf sehr trockenem Boden.

Nr.	Zahl der Ringe an Scheibe I	Stammhöhe m	Beginn der lebenden Äste bei m	Kronenbildung	Bemerkungen
	Oberförsterei Biesenthal, Schutzbezirk Heegermühle Jagen 248. Ziemlich lichter Bestand auf sehr trockenem Sandboden, IV.—V. Bodenklasse.				
1	65	14,3	7,4	gut	herrschender Stamm.
2	65	14,6	8,8	gut	herrschender Stamm.
3	56	14,3	11,0	mäfsig	mitherrschend, doch etwas durch andere Stämme beeinträchtigt.
4	66	13,0	10,7	gering	steht im Bestande ziemlich frei, ist jedoch niedriger.
5	57	9,8	ca. 8,0	sehr gering	unterdrückter Stamm.
	Oberförsterei Biesenthal, Schutzbez. Heegermühle, Jag. 213. Mäfsig lichter Bestand auf trockenem Sandboden, IV. Bodenklasse.				
6	46	14,2	6,7	gut	herrschender Stamm.
7	49	14,1	ca. 8,0	ziemlich gut	Mittelstamm.
8	46	14,9	9,0	weit ausgelegt, gut	steht zwischen anderen starken Kronen.
9	50	13,1	10,1	gering	steht im Bestande ziemlich frei, ist aber niedriger.
	Oberförsterei Biesenthal, Schutzbez. Grafenbrück, Jag. 232. Lichter Bestand auf trockenem Sandboden IV. oder III.—IV. Bodenklasse. Auf dem Boden spärlicher Graswuchs.				
10	60	18,5	10,9	ziemlich gut	mitherrschend, durch benachbarte gleichhohe Stämme etwas beengt.
11	60	18,5	10,5	umfangreich, aber licht	hatte vor der Fällung durch Insektenfrafs stark gelitten, steht frei.
12	52	13,5	—	mäfsig	im Absterben begriffen infolge des vorausgegangenen Frafses; steht ziemlich frei.
	Oberförsterei Chorin, Schutzbez. Kahlenberg, Jag. 98. Sehr lichter Bestand, auf der Höhe eines trockenen Dünenrückens, IV. Bodenklasse.				
13	92	21,7	14,9	gut	im Bestande ganz freistehend.

II. Gruppe: Kiefern auf frischem Boden.

Nr.	Zahl der Ringe an Scheibe I	Stammhöhe m	Beginn der lebenden Äste bei m	Kronenausbildung	Bemerkungen

Oberförsterei Biesenthal, Schutzbez. Eiserbude, Jag. 204a.

Ziemlich dichter Bestand, der Boden III. Bonität ist nur mäfsig frisch, mit Moos, Heidelbeeren und wenig Gras bedeckt. Der Bestand liegt auf einem Dünenrücken, der sich beträchtlich über das Niveau des in der Nähe befindlichen Bukowsee's erhob.

Nr.	Zahl der Ringe an Scheibe I	Stammhöhe m	Beginn der lebenden Äste bei m	Kronenausbildung	Bemerkungen
14	70	23,25	15,0	gut	herrschender Stamm mit völlig freier Krone.
15	70	20,65	15,9	sehr gering	beherrschter Stamm, jedoch nicht unterdrückt.

Oberförsterei Biesenthal, Schutzbez. Eiserbude, Jag. 264a.

Mäfsig lichter Kiefernbestand mit viel Buchenunterwuchs, die Buchen sind wesentlich jünger als die Kiefern, Boden sehr gut, I.—II. Bonität, reichlicher Graswuchs.

Nr.	Zahl der Ringe an Scheibe I	Stammhöhe m	Beginn der lebenden Äste bei m	Kronenausbildung	Bemerkungen
16	65	19,0	9,1	ziemlich grofs	Krone etwas einseitig, da in der Nähe eine Birke und eine ca. 120jährige Kiefer stehen.
17	59	19,9	13,85	gering	Krone zwischen anderen Kiefern etwas eingeklemmt.

Unmittelbar neben Kiefer Nr. 16 stand die untersuchte Buche Nr. 1, 8,0 m hoch.

Oberförsterei Biesenthal, Schutzbez. Eiserbude, Jag. 267d.

Die Kiefer Nr. 18 gehört einem stehengebliebenen Randstreifen älterer Kiefern an, welche schon vor längerer Zeit freigestellt worden sind. Der Boden ist nur wenig frisch, mäfsige Erhebung in der Nähe einer feuchten Wiese, Graswuchs, II.—III. Bonität.

Nr.	Zahl der Ringe an Scheibe I	Stammhöhe m	Beginn der lebenden Äste bei m	Kronenausbildung	Bemerkungen
18	86	23,25	16,9	gut, sehr dicht	Der Stamm steht nach Süden hin völlig frei.

In einiger Entfernung von Kiefer Nr. 18 wurde eine 16,0 m hohe Birke und die 9,5 m hohe Buche Nr. 3 entnommen.

Oberförsterei Biesenthal, Schutzbez. Eiserbude, Jag. 237e.

Sehr lichter alter Bestand, stellenweise Buchen als Unterwuchs, Boden nur mäfsig frisch, II.—III. Bonität

Nr.	Zahl der Ringe an Scheibe I	Stammhöhe m	Beginn der lebenden Äste bei m	Kronenausbildung	Bemerkungen
19	119*	27,4	19,0	gut, sehr dicht	der Stamm stand am Rande einer Gruppe von 5 Stämmen.

In einiger Entfernung von Kiefer Nr. 19 ist die ca. 8 m hohe Buche Nr. 2 entnommen.

<table>
<tr><th>Nr.</th><th>Zahl der Ringe an Scheibe I</th><th>Stammhöhe
m</th><th>Beginn der lebenden Äste bei
m</th><th>Kronenausbildung</th><th>Bemerkungen</th></tr>
<tr><td colspan="6">Oberförsterei Eberswalde, Schutzbez. Bornemannspfuhl, Jag. 132.
Mäfsig lichter Bestand, auf frischem Sandboden, II.—III. Bonität.</td></tr>
<tr><td>20</td><td>63</td><td>23,5</td><td>14,3</td><td>stark</td><td>Herrschender Stamm.</td></tr>
<tr><td>21</td><td>58</td><td>20,1</td><td>15,0</td><td>mäfsig</td><td>Ist Sommer 1895 abgestorben.</td></tr>
<tr><td>22</td><td>61</td><td>18,6</td><td>14,3</td><td>gering</td><td>Beherrschter, geringwüchsiger Stamm.</td></tr>
<tr><td colspan="6">Oberförsterei Eberswalde, Schutzbez. Bornemannspfuhl, Jag. 130
Junges, sehr dichtes Stangenholz auf frischem Sandboden.</td></tr>
<tr><td>23</td><td>24</td><td>10,7</td><td colspan="2">Beastung geht weit herab</td><td>Ist einer der stärksten Stämme im Bestande.</td></tr>
<tr><td>24</td><td>22</td><td>8,8</td><td colspan="2">Beastung gering</td><td>Unterdrückter Stamm.</td></tr>
<tr><td colspan="6">Oberförsterei Eberswalde, Schutzbez. Bornemannspfuhl, Jag. 102.
Sehr lichter Altholzbestand mit Buchenunterwuchs auf frischem, humosen, lehmigen Sandboden I.—II. Bonität</td></tr>
<tr><td>25</td><td>153</td><td>29,0</td><td>16 75</td><td>sehr stark</td><td>Unbeengt stehender Stamm.</td></tr>
<tr><td colspan="6">Oberförsterei Eberswalde, Schutzbez. Schönholz, Jag. 3.
Überhaltstämme auf Kiefernboden I. Klasse, Schirmschlag 1863 gestellt.</td></tr>
<tr><td>26</td><td>104*</td><td>21,2</td><td>10,0</td><td>gut</td><td>Freigestellter Stamm.</td></tr>
<tr><td>27</td><td>104*</td><td>24,2</td><td>12,0</td><td>gut</td><td>Desgl.</td></tr>
<tr><td colspan="6">Oberförsterei Chorin, Schutzbez. Chorin, Jag. 89c.
Lichter, mit einzelnen Buchen gemischter Bestand. Lehmig-humoser, ziemlich feuchter Sandboden I.—II. Bonität.</td></tr>
<tr><td>28</td><td>71</td><td>25,5</td><td>17,9</td><td>gering</td><td>Schief gestellter, vom Winde geschobener Stamm, Krone völlig frei.</td></tr>
<tr><td colspan="6">III. Gruppe: Kiefern auf sehr nassem Boden.</td></tr>
<tr><td colspan="6">Oberförsterei Chorin, Schutzbez. Chorin, Jag. 69.
Anmooriger, sehr feuchter Boden, unmittelbar am grofsen Plagesee. Einzeln stehende Gruppen von Weiden, Erlen, Kiefern.</td></tr>
<tr><td>29</td><td>39</td><td>13,5</td><td>4,5</td><td>sehr reich</td><td>Völlig freistehender tiefbeasteter einzelner Stamm.</td></tr>
<tr><td colspan="6">Oberförsterei Chorin, Schutzbez. Chorin, Jag. 89b.
Der Teil dieses Jagens liegt nahe bei Kiefer Nr. 29. Sehr feuchter doch mineralisch ärmerer Sandboden in geringer Entfernung vom grofsen Plagesee, etwa II. Bonität (?).</td></tr>
<tr><td>30</td><td>94</td><td>28,8</td><td>17,4</td><td>sehr stark</td><td>Steht am Rande des Bestandes, Krone nach allen Seiten frei, bei 15,0 m geringer lebender Ast.</td></tr>
<tr><td>31</td><td>95</td><td>32,0</td><td>hoch angesetzt</td><td>sehr gering</td><td>Eingeklemmter Stamm.</td></tr>
</table>

Oberförsterei Chorin, Schutzbez. Kahlenberg, Jag. 98.

Bestand licht. Lehmiger Sandboden, mit zeitweise relativ hohem Grundwasserstand. Liegt am Fufse jener Düne, auf welcher Kiefer Nr. 13 wuchs. Boden im Sommer nicht sehr nafs. I. Bonität.

Nr.	Zahl der Ringe an Scheibe I	Stammhöhe m	Beginn der lebenden Äste bei m	Kronenausbildung	Bemerkungen
32	92	30,2	20,0	gut	Herrschender Stamm.

Oberförsterei Biesenthal, Schutzbez. Grafenbrück, Jag. 276a.

Geschlossener Kiefernbestand, an lichteren Stellen einzelne Erlen und Rhamnus frangula. Sehr feuchter humoser Sandboden. Ein Teil des Jahres steht das Wasser über der Bodenfläche, sonst einzelne Tümpel in Vertiefungen. II. Bonität.

Nr.	Zahl der Ringe an Scheibe I	Stammhöhe m	Beginn der lebenden Äste bei m	Kronenausbildung	Bemerkungen
33	35	17,95	9,6	stark	Vorwüchsiger Stamm mit freier Krone.
34	33	16,7	9,2	mäfsig stark	Krone völlig frei.
35	34	16,5	8,3	mäfsig stark	Krone einseitig tief herabgehend, an der unbeasteten Seite von einer anderen Kiefer bedrängt.
36	33	15,5	11,7	gering	Teilweise unterständig.
37	33	11,7	7,0	sehr gering	Unterdrückter Stamm.

Oberförsterei Biesenthal, Schutzbez. Grafenbrück. Jag. 276d.

Freigestellte Kiefern eines Altbestandes unmittelbar neben einem Erlenbruch mit stehendem Wasser. Einzelne jüngere Buchen und Rhamnus frangula als Unterwuchs. Boden sehr feucht, humos, I.—II. Bonität.

Nr.	Zahl der Ringe an Scheibe I	Stammhöhe m	Beginn der lebenden Äste bei m	Kronenausbildung	Bemerkungen
38	125	26,0	20,1	gut	Freistehender Stamm, Boden durch Unterwuchs beschattet.

IV. Gruppe: Kiefern für spezielle Fragen.

Oberförsterei Chorin, Schutzbez. Chorin, Jag. 89a.

Standort dicht am grofsen Plagesee, doch etwas erhöht, Boden feucht,

Nr. **39**. Alter Stamm mit abgebrochenem Wipfel am Rande eines Altbestandes. Unterste Scheibe 94 Jahresringe.

Nr. **40**. Wie Nr. 39, unterste Scheibe 95 Jahresringe.

Nr. **41**. Stamm 17 m hoch mit sehr unbedeutender Krone. Bei 8,15 m Höhe geht ein starker Ast ab, bei 8,70 m Höhe ein zweiter kleinerer Ast.

Oberförsterei Biesenthal, Schutzbez. Grafenbrück. Jag. 260b.

Alter sehr lichter Bestand auf frischem Sandboden.

Nr. **42**. Vielfach gebogener und durch Wipfelbruch beschädigter Stamm, zum Teil auch mit Trametes Pini. Die unterste Scheibe zählt ungefähr 212 Ringe, äufsere Ringe mit der Lupe kaum noch zu erkennen,

Oberförsterei Eberswalde, Schutzbez. Schönholz, Jag. 19.

Nr. 43. Anflugskiefer, die in einem Altbestande unter dem Schirm hoher Bäume gewachsen war. In unmittelbarer Nähe eine jüngere Eiche, welche der Kiefer Licht entzog. Boden frisch, Scheibe I 20 Ringe, Höhe 3,30 m.

Oberförsterei Cummersdorf, Belauf Neuendorf. Jag. 58a.

Nr. 44. Auf dürrem Sandboden gewachsene Kussel. Scheibe I, 0,10 m über der Erde zählt 49 Jahresringe. Höhe des Stammes 7,0 m, erster freier Ast bei 1,2 m über dem Boden. Kronenausbildung sehr stark.

Die Kiefer Nr. 45 stand während des Winters im kalten Gewächshause, während des Sommers im Freien. Dieselbe wuchs in einem 40 cm hohen, am Boden mit einem Loche versehenen Glasgefäfs. Beastung spärlich, Nadeln relativ kurz, Alter 10 Jahre, Höhe 0,92 m.

V. Gruppe: Kiefern von der forsttechnischen Abteilung der forstlichen Versuchsstation gemessen.

Nr.	Oberförsterei	Jagen	Zahl der Ringe in 1 m Höhe	Stammhöhe m	Kronenansatz m	Bemerkungen
46	Nicolaiken	45	185	33	—	
47	desgl.	47	130	37,3	—	
48	desgl.	29	128	30,3	17,9	Gut geschlossener Bestand auf frischem humosen Sandboden.
49	desgl.	29	118	31,4	18,4	Wie bei Kiefer 48.
50	desgl.	29	119	28,9	—	Krone von 2 Seiten etwas bedrängt, Stamm gut entwickelt.
51	Chorin	266 a	114	—	—	Guter tiefgründiger Sandboden mit sehr starker Kiesbeimischung.

Zweites Kapitel.

Die grofse Periode des Dickenwachstums.

Obgleich ich nur das Dickenwachstum der Kiefer einer eingehenden Untersuchung unterworfen habe, sei es mir gestattet, zunächst einen Blick auf das **Längenwachstum** zu werfen, weil hier die für das Wachstum mafsgebenden Umstände leichter zu erkennen sind.

Wie bekannt, hat J. von Sachs[1]) das Anschwellen und die Wiederabnahme der Wachstumsgröfse im Laufe der Entwickelung einer Pflanze als die grofse Periode oder die grofse Kurve des Wachsens bezeichnet. W. Pfeffer[2]) wies darauf hin, dafs jeder aus inneren Eigenschaften entspringenden Funktion eines Pflanzenkörpers eine derartige Entwickelungsperiode zukomme. Es handelt sich um eine allgemeine Erscheinung, welche auch für das Längenwachstum der Kiefer Geltung haben mufs. Thatsächlich kann man, wie ich schon bei früherer Gelegenheit erwähnt habe,[3]) aus den forstlichen Untersuchungen das Vorhandensein einer solchen grofsen Periode des Längenwachstums entnehmen. Für die Kiefer sind die Ertragstafeln von A. Schwappach[4]) zu erwähnen, welchen ich die folgende Tabelle entnehme. Dieselben wären nur insofern zu ergänzen, als die jüngsten Stadien mit ihrem rasch zunehmenden Wachstum fehlen.

Laufender jährlicher Zuwachs der Mittelhöhe des Hauptbestandes in verschiedenen Jahren, ausgedrückt in Metern nach Schwappach.

Tab. 1.

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
I. Ertragsklasse	—	0,48	**0,52**	0,48	0,44	0,40	0,36	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19
II. „	—	0,37	**0,43**	**0,43**	0,41	0,37	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18
III. „	—	0.27	0,36	**0,38**	0,36	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16
IV. „	—	—	—	—	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13
V. „	—	—	—	—	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,12
	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
I. Ertragsklasse	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
II. „	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0.08	0,07	0,06	0,05
III. „	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,07	—	—
IV. „	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	—	—
V. „	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	—	—	—	—	—	—

[1]) Arbeiten d. Würzburger Instituts 1872. S. 102.

[2]) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, II. Bd., S. 66. 1. Aufl. 1881.

[3]) F. Schwarz, Forstliche Botanik 1892. S. 161.

[4]) A. Schwappach, Neuere Untersuchungen über Wachstum und Ertrag normaler Kiefernbestände in der norddeutschen Tiefebene 1896. S. 32—38.

Die Zahlen dieser Tabelle sind auf graphischem und rechnerischem Wege ausgeglichene Werte, die von einer grofsen Anzahl einzelner Messungen verschiedenartiger Bestände herrühren. Durch die bei der Aufstellung solcher Ertragstafeln angewendete Methode der Höhenbestimmung werden nicht nur die individuellen Differenzen einzelner Bestände, sondern auch jene Schwankungen im Längenwachstum der einzelnen Jahre beseitigt, welche durch wechselnde äufsere Bedingungen herbeigeführt werden. Im wesentlichen kommt durch die Bildung der Ertragsklassen von äufseren Faktoren nur der Einflufs der Bodengüte zum Ausdruck. Wie aus den angeführten Zahlen hervorgeht, macht sich die grofse Periode in allen Ertragsklassen, also unter günstigen und ungünstigen äufseren Verhältnissen bemerkbar.

Wie der Hauptstamm haben auch dessen Seitenäste ihre grofse Periode, doch sind die Anfangswerte ihrer Wachstumsgröfse verschieden und von dem Entwickelungsstadium der Tragachse abhängig.

Das Vorhandensein der grofsen Periode zeigt uns, dafs auch die im Längenwachstum zum Ausdruck kommende Wachstumsenergie im Laufe der Entwickelung eines Individuums eine verschiedene ist.

Wie in der Einleitung bemerkt (vgl. S. 3), sind die für das Wachstum notwendigen Betriebskräfte zum Teil in den vorausgegangenen Entwickelungsstadien gewonnen worden. Es müssen demnach die in den vorausgegangenen Perioden gegebenen äufseren Umstände auch auf die Wachstumsleistung in den zunächstfolgenden Perioden von Einflufs sein und somit den Gang der grofsen Periode modifizieren.

Unter günstigen äufseren Verhältnissen wird sowohl die Dauer des Wachstums verlängert, als die Wachstumsenergie erhöht. Genügende Lichtmenge vorausgesetzt, wird eine Kiefer auf geringem Boden nicht so alt und so hoch als auf gutem Boden. Ebenso stirbt eine Kiefer, welche dauernd ungenügende Lichtmengen empfängt, früher ab, als eine gut belichtete Kiefer. Hat der Zustand ungenügender Ernährung infolge von Lichtmangel sehr viele Jahre gedauert, so dafs die Wachtumsenergie auf ein sehr geringes Mafs herabgesunken ist, wird auch ein starker Lichteinfall die Wachstumsenergie nicht mehr auf die normale Höhe zu heben vermögen, weil die Pflanze mit dem Alter ihre Reaktionsfähigkeit verloren hat.

Aufserdem wird der zeitliche Eintritt des Maximums der grofsen Periode durch die Einwirkung der äufseren Faktoren verschoben, indem unter ungünstigen Verhältnissen das Maximum später eintritt. Unter sehr günstigen Verhältnissen kann das Maximum des Längenwachstums schon mit 10—15 Jahren, unter ungünstigen Verhältnissen erst mit 20—25 Jahren auftreten.

Eine weitere Modifikation erleidet der Verlauf der grofsen Periode durch die äufseren Faktoren, indem durch dieselben Schwankungen hervorgerufen werden, die entweder als jährliche Differenzen des Wachstums unter Beibehaltung der aufsteigenden oder absteigenden Tendenz der

Wachstumskurve auftreten oder sich auf längere Zeiträume erstrecken, so dafs an Stelle eines ausgesprochenen Maximums der Wachstumskurve, zwei oder mehrere beträchtlichere Hebungen auftreten können.

Als Beispiel für die jährlichen Differenzen im Längenwachstum möchte ich die direkt gemessenen Längen der einzelnen Jahrestriebe am Schaft von Kiefer Nr. 34 anführen, welche sich wegen ihres vollkommen geraden Schaftes besonders gut hierzu eignete. In Tabelle 2 sind diese Längen in Metern angegeben.

Tab. 2. Jährliche Längenzunahme (m) von Kiefer Nr. 34.

Jahre	1896	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82
Zuwachs	0,45	0,35	0,28	0,26	0,43	0,55	0,53	0,41	0,50	0,64	0,60	0,60	0,60	0,68	0,60
Mittel	0,35					0,52					0,62				
Jahre	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69		
Zuwachs	0,46	0,33	0,45	0,47	0,69	0,68	0,66	0,70	0,53	0,65	0,50	0,29	0,74		
Mittel	0,48					0,64					0,51				

Es scheint mir sicher zu sein, dafs diese jährlichen Differenzen im Längenwachstum des Haupttriebes hauptsächlich durch verschiedene Temperatur und Regenmenge hervorgerufen werden, doch kann hierbei auch die Veränderung der dem Baume zukommenden Lichtmenge eine Rolle spielen.

Bei den zwischen den einzelnen Teilen einer Kiefer bestehenden Correlationen kann es jedoch auch vorkommen, dafs eine Steigerung der Ernährung mit einer Verminderung des Längenwachstums verbunden ist. So können Bäume nach der Freistellung ein geringeres Längenwachstum aufweisen als vorher im geschlossenen Bestande, obgleich sie stärker assimilieren und besser ernährt werden. Durch die nach der Freistellung veränderte mechanische Beanspruchung kann eine andere Verteilung des Dickenwachstums herbeigeführt werden, und ein Teil der Nahrungsstoffe, die vorher für das Längenwachstum disponibel waren, wird nun zum Dickenwachstum verwendet.[1] So erreichen denn auch im allgemeinen die von Anfang an freistehenden Kiefern eine geringere Höhe als die Bäume eines dichten Bestandes, obgleich die ersteren reichlicher assimilieren.

In dem eben angeführten Falle werden die Korrelationen zwischen den einzelnen Teilen der Pflanze durch einen äufseren Faktor, die biegende Kraft des Windes, welche als Reizwirkung in den Zuwachsprozefs eingreift, bestimmt. Wir kennen jedoch auch Korrelationen, welche von äufseren Faktoren unabhängig sind und auf die Wachstumsenergie einen bedeutenden Einflufs ausüben. Hierher gehören die zwischen den verschiedenen Achsen einer Kiefer bestehenden Differenzen. Der Unterschied zwischen Haupt- und Nebenachsen ändert sich mit dem Alter, indem die Wachstumsenergie der Hauptachse relativ stärker abnimmt, und im höheren

[1]) Eine Anschauung, die bereits von Metzger, Mündener Forstliche Hefte, ausgesprochen wurde.

Alter auf ein Minimum zurückgeht. Eine Annäherung in der Energie des Längenwachstums der Haupt- und Seitenachsen spricht sich schon in dem Habitus des Baumes aus, die Krone der Kiefer wird etwa mit dem 100. bis 125. Jahre schirmförmig, der Haupttrieb überragt nur unwesentlich die Seitentriebe.

An dem verschiedenen Wachstum der Haupt- und Seitentriebe erkennt man zugleich die auch sonst wichtige Thatsache, dafs nicht die vermehrte Zufuhr von Nahrungsstoffen derartige Unterschiede im Wachstum hervorbringt. Die Energie des Wachstums ist bei dem Haupttriebe eine gröfsere, weshalb diesem mehr Nahrungsstoffe zuströmen resp. von ihm verbraucht werden. Schon die Knospen der Endtriebe sind gröfser als die unmittelbar darunter entstehenden Knospen der Seitentriebe, was besonders an jüngeren Kiefern deutlich hervortritt. Die sich später geltend machenden Differenzen in der Energie des Längenwachstums sind schon bei der Anlage der Organe vorhanden, denn den in geringer Entfernung nebeneinander befindlichen Initialzellen der Knospenanlagen müssen Nahrungsstoffe in gleicher Weise zugänglich sein.

Werden die zwischen den einzelnen Teilen eines Baumes bestehenden Korrelationen durch die Entfernung eines wesentlichen Teiles des Sprofssystems verändert, so kann hierdurch auch die Wachstumsenergie der zurückbleibenden Teile geändert werden. Nach der Entfernung des Wipfels tritt gewöhnlich in der obersten Seitenachse eine veränderte Reaktionsfähigkeit gegen den Schwerkraftsreiz ein, infolge dessen sich diese Seitenachse nun vertikal erhebt. Ebenso findet durch die Entfernung des Wipfels eine Steigerung der Wachstumsenergie in dieser Seitenachse statt. Man findet bei der Kiefer oft bajonettförmig gewachsene Stämme, welche durch Wipfelbruch und Aufrichten eines Seitenastes entstanden sind. Derartige Stämme können dieselbe Höhe erreichen wie der übrige Bestand, die Wachstumsenergie der Seitenachsen wird demnach durch die Entfernung der Hauptachse auf dieselbe Gröfse gebracht, welche unter normalen Verhältnissen der Hauptachse zukommt.

Unter Umständen können auch die natürlichen Beziehungen zwischen Haupt- und Seitenachsen dadurch alteriert werden, dafs bestimmten Seitenachsen wesentlich mehr Licht zukommt: ihre Wachstumsenergie wird dadurch gesteigert, sie bleiben länger erhalten, während unter normalen Verhältnissen die oberen Stammteile und Zweige des Individuums ein Übergewicht an Wachstumsenergie aufweisen.

W. Roux[1]) hat gezeigt, dafs im Organismus ein Kampf der einzelnen Teile stattfindet. Einen solchen Kampf der Teile finden wir auch bei den Bäumen, indem jener Pflanzenteil die gröfste Menge von Nahrungsstoffen für das Wachstum gewinnt, welcher mit der gröfsten Wachstumsenergie ausgestattet ist. Die Verhältnisse werden dadurch kompliziert, dafs die Wachstumsenergie, wie schon oben angeführt wurde, durch die günstigere

---

[1]) W. Roux, Der Kampf der Teile im Organismus 1881.

Ernährung selbst gesteigert werden kann, aber die Zufuhr von Nahrungsstoffen allein entscheidet nicht über die Gröfse der Wachstumsleistung. Ein Trieb an der Spitze einer Kiefer erlangt schliefslich das Übergewicht über einen basalen Trieb, obgleich der letztere zu einer Zeit, wo der Spitzentrieb vielleicht 100 Nadelpaare hatte, schon über die Assimilationsprodukte von mehreren Tausenden von Nadeln verfügte.

Die vorausgehenden Erörterungen über das Längenwachstum, welche ich im einzelnen nicht weiter auszuführen beabsichtigte, zeigen uns die Abhängigkeit der in der Längenzunahme zum Ausdruck kommenden Wachstumsenergie von verschiedenen Faktoren.

Der als grofse Periode bezeichnete Entwickelungsgang wird zum Teil durch die Ernährungsbedingungen, wie sie der Standort bietet (Beleuchtung und Zufuhr mineralischer Stoffe), zum Teil durch die jährlichen Schwankungen der meteorologischen Faktoren bestimmt, Hiermit sind aber die Ursachen der Differenzen der Wachstumsenergie nicht erschöpft, insofern sowohl durch innere als äufsere Faktoren veranlafst zwischen den einzelnen Teilen der Kiefer Korrelationen bestehen, welche die Wachstumsenergie derartig beeinflussen, dafs ein der Nahrungsstoffzuleitung nicht entsprechender Effekt eintritt.

Bei dem **Dickenwachstum** der Kiefer haben wir analoge Verhältnisse wie bei dem Längenwachstum. Im vorliegenden Kapitel soll nun zunächst auf den Verlauf der grofsen Periode des Dickenwachstums eingegangen werden, wohei wir zwischen Flächenzuwachs und Ringbreite zu unterscheiden haben.

In den folgenden Tabellen ist der mittlere jährliche Flächenzuwachs sowie die mittlere Ringbreite zehnjähriger Perioden für eine gröfsere Anzahl von Kiefern angegeben. Die einzelnen Perioden beziehen sich bei den verschiedenen Scheiben eines Stammes durchweg auf dieselben Jahre. Infolgedessen umfafst die erste Periode zumeist nicht volle 10 Jahre, was durch Einklammern der betreffenden Zahlen angedeutet ist. Der Flächenzuwachs der in den Tabellen 3—21 angeführten Kiefern ist in den Tafeln II—IV graphisch dargestellt.

Um Wiederholungen zu vermeiden, ist in die Tabellen gleich die mittlere Spätholzbreite und das Spätholzprozent der betreffenden Perioden aufgenommen; diese Zahlen sollen jedoch erst später Verwendung finden.

Tab. 3. **Kiefer 2,** Höhe 14,6 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1830—34	35—44	45—54	55—64	65—74	75—84	85—94
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm						
I	0,2	65	(0,16)	1,26	3,43	6,64	7,87	7,88	5,81
II	1,3	55	—	(1,02)	3,71	5,82	6,44	6,17	4,20
III	3,4	48	—	—	(2,94)	5,86	6,05	6,14	4,11
IV	5,5	43	—	—	(1,05)	4,57	6,59	6,31	4,42
V	7,6	37	—	—	—	(2,45)	5,12	6,08	4,46
VI	9,7	31	—	—	—	(0,27)	1,75	4,35	4,66
VII	11,8	22	—	—	—	—	(0,22)	0,89	2,77
			Mittl. Ringbreite, mm						
I			(0,90)	1,56	1,83	2,13	1,81	1,47	0,95
II			—	(2,31)	2,39	1,98	1,59	1,25	0,75
III			—	—	(3,20)	2,37	1,63	1,32	0,77
IV			—	—	(2,77)	2,93	2,10	1,48	0,88
V			—	—	—	(3,32)	2,33	1,75	1,02
VI			—	—	—	(1,65)	2,04	2,04	1,44
VII			—	—	—	—	(1,81)	1.34	1,71
			Mittl. Spätholzbreite, mm						
I			—	—	0,59	0,86	0,77	0,58	0,42
II			—	—	—	0,81	0,70	0,54	0,32
III			—	—	(0,35)	0,51	0,55	0,49	0,28
IV			—	—	(0,29)	0,47	0,50	0,46	0,31
V			—	—	—	(0,30)	0,43	0,42	0,30
VI			—	—	—	—	0,28	0.37	0,37
VII			—	—	—	—	(0,09)	0,21	0,40
			Spätholzprozente						
I			—	—	32	40	42	40	44
II			—	—	—	41	44	43	42
III			—	—	(11)	21	34	37	37
IV			—	—	(10)	16	24	31	35
V			—	—	—	(9)	18	24	27
VI			—	—	—	—	14	18	25
VII			—	—	—	—	(7)	15	23

Tab. 4. **Kiefer 4,** Höhe 13,0 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1828—34	35—44	45—54	55—64	65—74	75—84	85—94
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm						
I	0,2	67	(0,15)	1,58	3,50	3,52	2,40	1,46	2,78
II	1,3	55	—	(0,60)	2,45	2,84	1,65	0,93	1,73
III	3,4	48	—	—	(2,22)	2,23	1,34	0,77	1,20
IV	5.5	45	—	—	(1,16)	1,95	1,54	0,75	0,99
V	7,6	36	—	—	—	(0,66)	1,53	1,11	0,94
VI	9,7	24	—	—	—	—	(0,12)	0,75	1,33
VII	10,8	16	—	—	—	—	—	(0,42)	1,23
			Mittl. Ringbreite, mm						
I			(0,75)	1,73	1,75	1,20	0,68	0,38	0,66
II			—	(1,76)	1,98	1,26	0,58	0,30	0,52
III			—	—	(2,69)	1,19	0,55	0,29	0,41
IV			—	—	(2,45)	1,48	0,77	0,31	0,38
V			—	—	—	(1,69)	0,14	0,63	0,45
VI			—	—	—	—	(0,82)	1,20	1,01
VII			—	—	—	—	—	(1,41)	1,28
			Mittl. Spätholzbreite, mm						
I			—	—	0,49	0,34	0,22	$0{,}16_8$	$0{,}28_8$
II			—	—	0,51	0,47	$0{,}19_6$	$0{,}07_9$	$0{,}21_3$
III			—	—	(0,19)	0,24	$0{,}15_3$	$0{,}06_5$	$0{,}14_3$
IV			—	—	(0,10)	0,20	$0{,}20_1$	$0{,}06_7$	$0{,}11_6$
V			—	—	—	(0,04)	$0{,}19_8$	0,16	$0{,}12_5$
VI			—	—	—	—	—	0,30	0,28
VII			—	—	—	—	—	(0,11)	0,25
			Spätholzprozente						
I			—	—	28	28	32	28	43
II			—	—	26	37	34	27	41
III			—	—	(7)	20	28	23	35
IV			—	—	(4)	13	26	21	30
V			—	—	—	(2)	14	25	26
VI			—	—	—	—	—	25	28
VII			—	—	—	—	—	(8)	20

Tab. 5. **Kiefer 8,** Höhe 14,9 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1849—54	55—64	65—74	75—84	85—94
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm				
I	0,25	46	(0,69)	3,33	4,21	5,89	5,08
II	1,3	41	(0,32)	2,89	3,65	5,02	3,65
III	3,4	36	—	(2,53)	4,07	4,82	3,31
IV	5,5	32	—	(0,90)	3,84	4,38	2,96
V	7,6	27	—	—	(2,39)	4,27	3,30
VI	9,6	22	—	—	(0,49)	2,46	4,16
VII	11,8	13	—	—	—	(0,57)	2,49
			Mittl. Ringbreite, mm				
I			(1,88)	2,32	1,58	1,61	1,12
II			(2,20)	2,71	1,52	1,50	0,89
III			—	(3,47)	2,01	1,54	0,85
IV			—	(3,09)	2,86	1,58	0,84
V			—	—	(3,08)	2,04	1,08
VI			—	—	(2,16)	2,28	1,77
VII			—	—	—	(2,24)	2,17
			Mittl. Spätholzbreite, mm				
I			(0,27)	0,54	0,56	0,60	0,41
II			—	0,34	0,48	0,57	0,38
III			—	(0,27)	0,42	0,48	0,30
IV			—	—	0,30	0,42	0,29
V			—	—	(0,23)	0,41	0,32
VI			—	—	(0,08)	0,24	0,38
VII			—	—	—	(013)	0,32
			Spätholzprozente				
I			(14)	23	23	35	37
II			—	13	32	38	43
III			—	(8)	21	31	35
IV			—	—	10	26	34
V			—	—	(8)	20	30
VI			—	—	(4)	11	22
VII			—	—	—	(6)	15

Tab. 6. **Kiefer 9,** Höhe 13,1 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1845—54	55—64	65—74	75—84	85—94
			Jährlicher Flächenzuwachs, qcm				
I	0,2	50	0,41	1,74	1,99	1,71	2,31
II	1,3	41	(0,15)	1,41	1,50	1,29	2,00
III	3,4	34	—	(1,61)	1,90	1,43	1,74
IV	5,5	30	—	—	1,68	1,28	1,44
V	7,6	24	—	—	(0,98)	1,34	1,51
VI	9,7	17	—	—	—	(0,79)	1,55
VII	11,8	8	—	—	—	—	(0,66)
			Mittlere Ringbreite, mm				
I			1,12	1,48	1,02	0,69	0,78
II			(1,49)	1,90	0,92	0,61	0,78
III			—	(3,15)	1,41	0,71	0,71
IV			—	—	1,97	0,79	0,69
V			—	—	(2,42)	1,34	0,75
VI			—	—	—	(1,83)	1,30
VII			—	—	—	—	(1,49)
			Mittlere Spätholzbreite, mm				
I			0,08	0,36	0,35	0,29	0,35
II			—	0,28	0,33	0,25	0,35
III			—	(0,22)	0,33	0,26	0,31
IV			—	—	0,22	0,24	0,25
V			—	—	(0,22)	0,26	0,20
VI			—	—	—	(0,19)	0,31
VII			—	—	—	—	(0,16)
			Spätholzprozente				
I			7	25	34	42	44
II			—	15	35	40	44
III			—	(7)	23	37	43
IV			—	—	11	30	37
V			—	—	(9)	19	27
VI			—	—	—	(11)	24
VII			—	—	—	—	(11)

Tab. 7. **Kiefer 18,** Höhe 21,7 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1808—14	15—24	25—34	35—44	45—54	55—64	65—74	75—84	85—94
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm								
I	0,3	92	wurde der unregelmäfsigen Form wegen nicht gemessen								
II	1,4	87	(2,86)	6,59	9,74	9,45	8,82	10,46	9,77	8,63	5,04
III	5,5	78	—	(4,06)	9,74	9,50	7,66	8,39	7,77	6,22	3,26
IV	9,6	68	—	—	(3,17)	8,14	10,91	8,67	6,28	5,44	3,52
V	13,7	58	—	—	—	(3,05)	7,95	9,10	6,85	6,03	3,43
VI	15,8	50	—	—	—	—	2,31	5,88	6,37	5,70	3,40
VII	17,9	43	—	—	—	—	(0,88)	2,38	2,02	4,93	4,11
VIII	20,0	29	—	—	—	—	—	—	(0,16)	0,61	1,53
			Mittl. Ringbreite, mm								
I											
II			(3,61)	2,70	2,41	1,76	1,39	1,45	1,21	0,99	0,54
III			—	(4,02)	3,21	2,03	1,34	1,28	1,07	0,79	0,40
IV			—	—	(3,52)	2,99	2,46	1,53	0,97	0,77	0,47
V			—	—	—	(3,29)	3,11	2,12	1,28	0,99	0,53
VI			—	—	—	—	2,71	2,39	1,70	1,22	0,64
VII			—	—	—	—	(3,05)	1,98	1,71	1,47	1,00
VIII			—	—	—	—	—	—	0,75	0,88	1,15

Tab. 8. **Kiefer 20,** Höhe 23,5 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1832—34	35—44	45—54	55—64	65—74	75—84	85—94
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm						
I	0,15	63	(0,07)	7,77	17,43	16,04	21,91	26,03	24,51
II	1,3	57	—	(5,53)	11,81	11,40	14,14	16,71	13,70
IV	8,6	34	—	—	—	(2,15)	8,22	11,02	9,58
V	14,1	23	—	—	—	—	(0,47)	3,26	7,02
			Mittl. Ringbreite, mm						
I			(0,67)	4,72	3,97	2,50	2,75	2,66	2,17
II			—	(4,77)	3,55	2,21	2,17	2,12	1,52
IV			—	—	—	(3,67)	3,71	2,62	1,72
V			—	—	—	—	(1,72)	2,60	2,47
			Mittl. Spätholzbreite, mm						
I			(0,03)	0,48	0,78	0,74	0,79	0,79	0,75
II			—	(0,41)	0,77	0,78	0,72	0,75	0,66
IV			—	—	—	(0,18)	0,55	0,54	0,44
V			—	—	—	—	(0,67)	0,17	0,46
			Spätholzprozente						
I			(5)	10	20	30	29	30	35
II			—	(8)	22	35	33	35	44
IV			—	—	—	(5)	15	21	25
V			—	—	—	—	(4)	7	19

Tab. 9. **Kiefer 22,** Höhe 18,6 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1834	35—44	45—54	55—64	65—74	75—84	85—94
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm						
I	0,2	61	(0,02)	3,25	6,07	2,94	3,72	4,31	3,13
II	1,3	56	—	(3,26)	5,59	2,41	2,84	3,42	2,41
III	8,8	42	—	—	(1,28)	2,42	3,63	3,01	1,84
IV	14,2	23	—	—	—	—	(0,50)	2,25	2,38
			Mittl. Ringbreite, mm						
I			(0,65)	3,12	2,23	0,80	0,88	0,90	0,60
II			—	(3,84)	2,40	0,73	0,75	0,80	0.52
III			—	—	(3,17)	1,98	1,56	0,96	0,51
IV			—	—	—	—	(1,99)	2,07	1,14
			Mittl. Spätholzbreite, mm						
I			—	0,38	0,56	0,35	0,43	0,44	0,31
II			—	(0,32)	0,47	0,32	0,33	0,37	0,24
III			—	—	(0,14)	0,32	0,40	0,33	0,21
IV			—	—	—	—	(0,12)	0,43	0,32
			Spätholzprozente						
I			—	12	25	44	49	49	52
II			—	(8)	20	44	43	46	47
III			—	—	(4)	16	26	34	40
IV			—	—	—	—	(6)	20	28

Tab. 10. **Kiefer 25,** Höhe 29,0 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1742—44	45—54	55—64	65—74	75—84	85—94	95—1804	5—14	15—24	25—34	35—44	45—54	55—64	65—74	75—84	85—94
			Jährlicher Flächenzuwachs, qcm															
I	0,3	153	(0,35)	2,54	4,99	4,62	6,04	13,06	17,73	22,69	24,60	27,28	31,66	30,95	28,80	24,15	20,45	18,38
II	1,3	147	—	(4,15)	5,67	3,81	4,26	11,31	14,37	16,18	19,29	22,20	23,68	24,14	23,64	21,87	15,74	16,61
III	10,3	128	—	—	—	(1,11)	2,68	4,94	10,50	12,02	13,34	16,37	15,32	14,41	14,45	13,86	13,95	11,68
IV	16,5	88	—	—	—	—	—	—	—	(1,64)	6,73	15,93	14,60	16,75	18,85	13,87	14,54	11,25
V	21,75	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,03	5,85	9,52	10,89	11,21	7,23
			Mittlere Ringbreite, mm															
I			(1,92)	2,33	2,03	1,32	1,39	2,36	2,51	2,61	2,40	2,32	2,40	2,12	1,82	1,43	1,16	1,00
II			—	(4,34)	2,18	1,05	1,00	2,16	2,17	2,04	2,09	2,11	2,00	1,85	1,67	1,45	0,99	1,00
III			—	—	—	(2,10)	1,69	1,83	2,58	2,16	1,95	2,02	1,66	1,41	1,30	1.17	1,11	0,89
IV			—	—	—	—	—	—	—	(2,55)	3,01	3,68	2,34	2,19	2,10	1,38	1,33	0,96
V			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,81	2,87	2,54	2,10	1,75	1,00

Tab. 11.

Kiefer 27, Höhe 24,2 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1790—94	95—1804	5—14	15—24	25—34	35—44	45—54	55—64	65—74	75—84	85—94
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm										
I	1,3	104	(1,46)	4,16	5,98	8,65	12,35	14,15	17,47	17,93	29,17	33,43	31,55
II	6,2	95	—	(2,09)	4.41	7,29	11,07	11,90	14,98	14,57	23,23	24,60	22,35
III	11,9	79	—	—	—	(2,81)	8,43	9,08	13,40	14,23	20,43	22,51	18,00
			Mittl. Ringbreite, mm										
I			(3,06)	2,51	1.94	2,01	2,19	2,03	2,11	1,88	2,66	2,65	2,23
II			—	(3,21)	2,33	2,19	2,32	1,96	2,03	1,70	2,36	2,19	1,79
III			—	—	—	(2,93)	3,05	2,08	2,32	1,99	2,40	2,26	1,60
			Mittl. Spätholzbreite, mm										
I			(0.40)	0,64	0,63	0,71	0,82	0,73	0,76	0,73	1,05	0,92	0,76
II			—	(0,32)	0,42	0,58	0,76	0,68	0,74	0,60	0,88	0,79	0,66
III			—	—	—	(0,43)	0,62	0,55	0,71	0.61	0,68	0.63	0,44
			Spätholzprozente										
I			(13)	26	33	35	37	36	36	39	40	35	36
II			—	(10)	18	27	30	35	36	36	37	36	37
III			—	—	—	(15)	20	26	31	30	25	28	28

Tab. 12. **Kiefer 29,** Höhe 13,5 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1856—64	65—74	75—84	85—94
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm			
I	0,2	39	(3,08)	20,76	37,91	44,50
II	1,3	35	(2,40)	14,92	25,96	29,78
III	3,4	30	—	7,75	27,01	27,96
IV	7,6	19	—	—	(4,29)	14,25
V	10,5	9	—	—	—	(2,75)
			Mittl. Ringbreite, mm			
I			(3,20)	5,68	5,31	4,46
II			(3,64)	5,20	4,40	3,55
III			—	4,80	5,54	3,60
IV			—	—	(3,70)	4,08
V			—	—	—	(3,06)
			Mittl. Spätholzbreite, mm			
I			(0,46)	0,78	1,25	1,30
II			(0,29)	0,62	1,14	1,04
III			—	0,41	1,07	1,03
IV			—	—	(0,48)	0,70
V			—	—	—	?
			Spätholzprozente			
I			(15)	14	24	29
II			(8)	12	25	29
III			—	8	19	29
IV			—	—	(13)	17
V			—	—	—	?

Tab. 13. **Kiefer 30,** Höhe 28,8 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1801 bis 1804	5 bis 14	15 bis 24	25 bis 34	35 bis 44	45 bis 54	55 bis 64	65 bis 74	75 bis 84	85 bis 94
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm									
I	0,2	94	(5,02)	15,09	22,86	23,28	20,98	23.40	20,36	21,03	21,53	17,87
II	1,3	92	(2,73)	13.62	18,59	18,65	13,53	16,32	15,65	15,65	15,99	13,23
III	9,7	81	—	(1,11)	12,22	16,74	10,37	12,75	11,42	12,64	13,95	10,06
IV	16,0	71	—	—	(0,55)	6,99	13,67	13,17	9,68	9,95	10,21	9.07
V	20,6	61	—	—	—	(0,58)	3,20	6,52	9,75	8,11	8,16	7,28
VI	24,0	45	—	—	—	—	—	(1,18)	3,40	3,98	5,28	5,87
			Mittl. Ringbreite, mm									
I			(5,84)	4,84	3,90	2,91	2,19	2,14	1,68	1,60	1,52	1,19
II			(5,36)	5,37	3,49	2,58	1,58	1,70	1,48	1,36	1,31	1,02
III			—	(5,93)	5,67	3,36	1,59	1,70	1,34	1,35	1,36	0,92
IV			—	—	(2,25)	4,25	3,38	2,27	1,39	1,28	1,18	0,99
V			—	—	—	(4,30)	2,79	2,36	2,30	1,49	1,30	1,03
VI			—	—	—	—	—	(2,24)	2,18	1,47	1,45	1,31
			Mittl. Spätholzbreite, mm									
I			(0,35)	0,87	1,19	0,92	0,71	0,81	0,60	0,53	0,47	0,33
II			(0,16)	1,08	1,28	0,90	0,54	0,59	0,49	0,48	0,49	0,32
III			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IV			—	—	(0,05)	0,55	0,65	0,54	0,30	0,25	0,24	0,18
V			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI			—	—	—	—	—	(0,29)	0,46	0,27	0,31	0,26
			Spätholzprozente									
I			(6)	18	31	32	32	38	36	33	31	28
II			(3)	20	37	35	34	35	33	35	37	32
III			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IV			—	—	(2)	13	19	24	21	19	21	18
V			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI			—	—	—	—	—	(13)	21	18	21	20

Tab. 14. **Kiefer 31,** Höhe 32,0 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1800 bis 1804	5—14	15—24	25—34	35—44	45—54	55—64	65—74	75—84	85—94
			Jährlicher Flächenzuwachs, qcm									
I	0,2	95	(0,16)	12,63	8,34	11,34	9,61	9,49	4,55	2,78	2,40	1,82
II	1,3	91	(0,55)	9,05	7,15	9,64	7,75	7,43	3,56	2,43	1,75	0,87
III	10,8	76	—	—	(4,81)	8,86	7,35	6,93	2,10	1,84	1,81	1,31
IV	16,0	68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	20,0	47	—	—	—	—	—	(1,13)	1,71	2,63	2,70	1,91
			Mittlere Ringbreite, mm									
I			(3,06)	4,91	1,78	1,94	1,40	1,23	0,56	0,33	0,28	0,21
II			(2,95)	4,93	1,81	1,88	1,27	1,08	0,48	0,32	0,23	0,11
III			—	—	(4,56)	3,07	1,69	1,31	0,36	0,30	0,29	0,21
IV			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V			—	—	—	—	—	(2,05)	1,23	1,22	0,95	0,58
			Mittlere Spätholzbreite, mm									
I			(0,08)	0,63	0,61	0,67	0,51	0,51	0,22	$0,10_8$	$0,09_7$	$0,06_7$
II			($0,01_5$)	0,42	0,63	0,69	0,49	0,46	0,18	$0,08_8$	$0,06_2$	$0,02_5$
III			—	—	(0,63)	0,60	0,47	0,44	0,10	$0,06_8$	$0,07_5$	$0,05_8$
IV			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V			—	—	—	—	—	(0,20)	0,25	$0,28_4$	$0,26_8$	$0,13_8$
			Spätholzprozente									
I			(3)	13	34	35	36	41	39	33	35	33
II			(5)	8	35	37	38	43	38	27	27	24
III			—	—	(19)	19	28	33	28	23	26	25
IV			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V			—	—	—	—	—	(10)	20	23	28	24

Tab. 15. **Kiefer 38,** Höhe 26,0 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1770—74	75—84	85—94	95—1804	5—14	15—24	25—34	35—44	45—54	55—64	65—74	75—84	85—94
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm												
I	0,3	125	(0,80)	3,54	5,88	7,67	5,56	7,37	10,34	10,51	8,38	6,85	7,03	8,95	6,88
II	1,3	121	(0,38)	3,48	5,50	5.91	4,67	6,24	7,87	7,50	7,36	7,59	6,58	7,22	4,53
III	5,5	110	—	—	4,04	7,77	3,88	4,96	6,80	6,90	6,17	6,02	5,67	7,29	4,99
IV	13,9	94	—	—	—	(1,99)	4,16	6,37	6.69	5,45	5.23	5,43	4,77	6,49	4,96
V	19,9	73	—	—	—	—	—	(0,92)	3,48	4.35	3,75	3,64	3,19	3,12	2,82
VI	22,6	61	—	—	—	—	—	—	(0,13)	0,81	1,71	2,53	1,88	1,92	1,56
			Mittl. Ringbreite, mm												
I			(2,63)	2,41	2,01	1,87	1,11	1,28	1,55	1,39	1,00	0,77	0,75	0,93	0,64
II			(2,37)	2,98	2,01	1,54	1,00	1,17	1,29	1,09	1.00	0,94	0,76	0,80	0,46
III			—	—	3,58	2,54	0,94	1,04	1,24	1,11	0,90	0,82	0,72	0,87	0,56
IV			—	—	—	(3,98)	2,37	2,04	1.57	1,07	0,92	0,87	0.70	0,90	0,64
V			—	—	—	—	—	(2,65)	2,51	1,62	1,06	0,88	0.69	0,62	0,52
VI			—	—	—	—	—	—	(2,00)	1,42	1,22	1,18	0,69	0,59	0,44
			Mittl. Spätholzbreite, mm												
I			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,45	0,32
II			—	0,48	0.73	0,77	0,59	0,62	0,66	0,49	0,46	0,42	0,34	0,35	0,20
III			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,31	0,10
IV			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,24	0,18
V			—	—	—	—	—	(0,17)	0,54	0,30	0,23	0,17	0,13	0,10	0,10
VI			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,09	0,08
			Spätholzprozente												
I			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47	49
II			—	16	36	50	59	53	51	45	46	45	45	43	44
III			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	36
IV			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27	28
V			—	—	—	—	—	(6)	21	18	22	20	18	16	20
VI			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	18

Tab. 16.

Kiefer 46, Höhe 33,0 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1703 bis 12	13 bis 22	23 bis 32	33 bis 42	43 bis 52	53 bis 62	63 bis 72	73 bis 82	83 bis 92	93 bis 1802	1803 bis 12	13 bis 22	23 bis 32	33 bis 42	43 bis 52	53 bis 62	63 bis 72	73 bis 82	83 bis 87 [1])
			Jährlicher Flächenzuwachs, qcm																		
I	1	185	0.49	4,29	7,69	16,79	18,27	25,53	29,86	30,39	29,28	22,15	21,14	26,04	23,22	21,60	23,46	27,44	27,63	26,60	—
II	5	175	—	1,26	6,91	14,26	13,87	17,61	24,51	21,11	18,09	16,99	17,44	13,86	14,80	18,59	25,34	18,90	22,40	22,43	—
III	9	166	—	—	(1,64)[2])	13,29	14,85	18,19	22,60	21.05	18,48	13,89	14,72	14,17	14,86	23,20	20,62	20,64	19,85	17,94	—
IV	13	155	—	—	—	0,96	7,70	15,95	21,01	24,60	21,11	15,03	14,94	13,31	14,00	18,30	17,07	13,94	18,55	17,66	—
V	17	144	—	—	—	—	(0.50)	4,45	8,99	13.57	14,08	11,95	13.01	11,92	14,51	19,28	12,19	14,79	18,43	16,60	—
VI	21	131	—	—	—	—	—	(0,13)	2,47	8,76	11,93	9,77	10,00	10,09	10,70	13,15	11,72	11,43	15,71	19,45	—
VII	24	115	—	—	—	—	—	—	—	3,80	2,45	3,82	4,47	4,05	4,93	5,62	4,75	4,82	3,89	7,51	—
VIII	28	89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0,22)[3])	0,76	1,22	1.24	1,63	1,79	2,22	3,21	—
IX	31	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,05[4])	0,37	0,44	0,40	0,79	—
			Mittlere Ringbreite, mm																		
I			(0,50)	2,65	2,40	3,35	2,65	2,95	2,85	2,50	2.15	1,50	1,35	1,10	1,35	1,20	1,25	1,40	1,35	1,25	—
II			—	(4,00)	3,10	3,35	2,35	2,70	2,00	1,55	1,35	1,30	1,05	1,00	1,20	1,55	1,10	1,25	1,20	0,90	—
III			—	—	(4,00)	4,30	2,90	2,65	2,65	2,10	1,15	1,15	1,15	1,05	1,05	1,55	1,30	1,00	1,15	1,00	—
IV			—	—	—	(3,50)	3,50	3,60	3,20	2,90	2,10	1,35	1,25	1,05	1,05	1,30	1,15	0,90	1,15	1,05	—
V			—	—	—	—	(3,06)	2,25	2,70	2,70	2,15	1,55	1,50	1,25	1,40	1,70	1,00	1,15	1,35	1,15	—
VI			—	—	—	—	—	(5,00)	2.35	3,15	2,60	1,65	1,45	1,30	1,25	1,40	1,15	1,05	1,35	1,55	—
VII			—	—	—	—	—	—	—	(2,20)	1,90	1,60	1,35	1,00	1,05	1,05	0,80	0,75	0,85	1,00	—
VIII			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(1,10)	0,85	0.85	0,65	0,70	0,65	0,70	0,90	—
IX			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0,66)	0,75	0,50	0,35	0,55	—

[1]) Da der letzte Zuwachs mit Rinde gemessen war, konnte diese Periode nicht berücksichtigt werden. — [2]) Periode von 11 Jahren. — [3]) Periode von 14 Jahren. — [4]) Periode von 11 Jahren.

Tab. 17. **Kiefer 47,** Höhe 37,3 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1758—62	63—72	73—82	83—92	93—1802	3—12	13—22	23—32	33—42	43—52	53—62	63—72	73—82	83—87
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm													
I	1	130	(2,0)	8,7	14,9	21,0	27,0	31,5	31,2	34,5	38,5	36,2	29,8	25,7	24,7	(20,4)
II	5	121	—	(5,3)	14,7	19,8	23,4	24,4	23,8	27,9	32,6	31,5	24,5	22,4	19,7	(18,6)
III	9	114	—	—	(6,6)	18,4	24,0	25,7	23,3	25,9	28,9	26,6	20,8	20,3	19,5	(17,6)
IV	13	107	—	—	—	(8,7)[1]	22,0	26,6	23,4	24,5	28,4	27,3	20,6	20,3	19,6	(20,4)
V	17	99	—	—	—	—	(11,0)[2]	20,6	19,6	20,9	24,7	23,2	20,8	19,5	18,5	(21,6)
VI	21	91	—	—	—	—	(4,2)	12,0	15,7	19.3	21,2	20,6	18,6	18,9	17,8	(17,8)
VII	25	82	—	—	—	—	—	(2,9)	6,8	10,3	14,2	15,4	16,0	15,2	14,7	(14,4)
VIII	27,5	74	—	—	—	—	—	—	(2,1)	4,5	8,2	9,3	9.9	10,1	9,8	(9,2)
IX	29,5	64	—	—	—	—	—	—	—	—	(4,1)[3]	7,8	9,5	9,8	8,8	(9,0)
X	33	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,9	1,9	2,3	3,0	(2,6)
			Mittl. Ringbreite, mm													
I			(3,60)	3,60	3,45	3,20	3,15	3,00	2,55	2,50	2,50	2,15	1,65	1,35	1,25	(1,50)
II			—	(5,03)	4,85	3,40	3,00	2,55	2,15	2,25	2,35	2,00	1,50	1,30	1,10	(1,00)
III			—	—	(4,83)	4,45	3,60	2,95	2,25	2,20	2,20	1,85	1,35	1,25	1,15	(1,00)
IV			—	—	—	(4,79)	4,40	3,55	2,50	2,25	2,30	2,00	1,40	1,30	1,20	(1,20)
V			—	—	—	—	(5,00)	3,70	2,60	2,30	2,35	1,95	1,60	1,40	1,25	(1,40)
VI			—	—	—	—	(4,66)	4,00	3,00	2,75	2,45	2,05	1,65	1,55	1,35	(1,30)
VII			—	—	—	—	—	(3,57)	2,80	2,50	2,50	2,15	1,90	1,60	1,40	(1,30)
VIII			—	—	—	—	—	—	(2,72)	2,05	2,30	1,90	1,65	1,45	1,75	(1,10)
IX			—	—	—	—	—	—	—	—	(2,63)	2,05	1,90	1,55	1,30	(1,20)
X			—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,65	1,30	1,05	1,05	(0,80)

[1]) Periode von 12 Jahren. — [2]) Periode von 14 Jahren. — [3]) Periode von 19 Jahren.

Tab. 18. **Kiefer 48,** Höhe 30,3 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1766—74	75—84	85—94	95—1804	5—14	15—24	25—34	35—44	45—54	55—64	65—74	75—84	85—93
			Jährlicher Flächenzuwachs, qcm												
I	1	128	(1,9)	2,7	4,1	5,2	4,4	5,4	6,7	7,1	6,8	5,4	6,5	7,8	(8,7)
II	4	120	—	(2,2)[1]	3,8	4,4	4,1	4,7	5,5	5,3	6,1	4,9	5,6	6,7	(7,0)
III	8	110	—	—	(2,3)[1]	4,0	3,7	4,5	4,9	5,6	5,9	4,5	4,2	6,7	(6,2)
IV	12	97	—	—	—	—	(2,9)[2]	3,3	5,1	4,6	4,5	4,4	4,7	5,4	(5,2)
V	16	86	—	—	—	—	(1,7)	3,7	4,8	3,6	4,6	4,5	4,8	4,5	(5,4)
VI	20	74	—	—	—	—	—	(0,8)	2,4	2,7	3,2	3,8	3,8	4,1	(4,3)
VII	24	52	—	—	—	—	—	—	—	(0,3)	1.2	2,2	2,9	3,3	(3,6)
			Mittlere Ringbreite, mm												
I			(0,89)	1,45	1,45	1,40	1,00	1,05	1,15	1,10	0,95	0,70	0,80	0,90	(0,94)
II			—	(0,32)	2,40	1,70	1,35	1,05	1,00	1,05	0,90	0,95	0,70	0.75	(0,77)
III			—	—	(0,27)	2,55	1,70	1,15	1,15	1,05	1,05	1,00	0,70	0,75	(0,77)
IV			—	—	—	(2,43)	2,55	1,35	1,25	0,95	0,85	0,75	0,75	0,80	(0,72)
V			—	—	—	—	(2,78)	2,00	1,60	0,95	1,05	0,90	0,85	0.75	(0,83)
VI			—	—	—	—	—	(2,30)	1,85	1,20	1,05	1,05	0,90	0,85	(0,83)
VII			—	—	—	—	—	—	—	(2,00)	1,40	1,35	1,15	1,05	(0,94)

[1]) Periode von 11 Jahren. [2]) Periode von 18 Jahren.

Tab. 19. **Kiefer 49,** Höhe 31,4 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1776—79	80—89	90—99	1800—9	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69	70—79	80—89	90—93
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm												
I	1	118	(0,7)	1,9	4,7	9,2	16,1	17,5	11,7	10,5	9,8	7,8	9,8	11,9	(12,0)
II	4	106	—	(0,5)	4,2	8,6	11,7	14,8	13,3	8,9	11,0	7,8	9,3	11,5	(11,5)
III	8	97	—	—	(1,0)	6,9	11,7	11,6	10,3	11,1	10,6	8,2	9,7	10,4	(9,5)
IV	12	89	—	—	—	—	(6,3)[1]	9,6	10,5	10,5	10,6	8,3	9,8	9,1	(10,0)
V	16	80	—	—	—	—	(2,2)	4,6	8,2	10.7	10,0	7,3	9,6	8,2	(8,8)
VI	20	68	—	—	—	—	—	(1,0)	3,3	6,3	9,4	9,9	9,1	8,4	(8,8)
VII	24	52	—	—	—	—	—	—	—	(1,1)	2,8	4,0	6,4	6,5	(6,5)
VIII	28	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0,5)	1,0	1,8	(2,8)
			Mittl. Ringbreite, mm												
I			(2,62)	1,70	2,00	2,45	2,95	2,45	1,40	1,15	1,00	0,75	0,90	0,95	(1,00)
II			—	(3,25)	3,05	2,70	2,45	2,35	1,75	1,05	1,20	0,80	0,90	1,05	(1,00)
III			—	—	(3,50)	3,75	2,95	2,10	1,55	1,45	1,25	0,90	1,00	1,00	(0,88)
IV			—	—	—	—	(3,66)	2,30	1,90	1,60	1,40	1,00	1,10	0,95	(1,00)
V			—	—	—	—	(3,16)	2,35	2.40	2,20	1,65	1,05	1,25	1,10	(1,00)
VI			—	—	—	—	—	(2,88)	2,30	2,20	2,20	1,80	1,40	1,15	(1,12)
VII			—	—	—	—	—	—	—	(2,06)	1,80	1,50	1,75	1,40	(1,25)
VIII			—	—	—	—	—	—	—	—	—	(2,00)	1,50	1,15	(1,25)

[1]) Periode von 15 Jahren.

Tab. 20. **Kiefer 50,** Höhe 28,9 m.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	1775—77	78—87	88—97	98—1807	8—17	18—27	28—37	38—47	48—57	58—67	68—77	78—87	88—93[1]
			Jährl. Flächenzuwachs, qcm.												
I	1,10	119	(0,3)	1,9	4,8	4,9	6,2	6,4	6,8	8,7	8,9	10,3	10,7	10,2	—
II	4,30	106	—	—	3,8	5,9	5,9	6,0	5,9	6,5	6,8	7,9	8,6	8,8	—
III	8,50	95	—	—	—	(3,3)	5.5	7,1	5,3	6,0	7,1	7,2	8,3	7,8	—
IV	12,70	84	—	—	—	—	(3,0)	5,4	5,5	5,8	6,3	7,0	6,7	6,9	—
V	16,85	72	—	—	—	—	—	(1,5)	4,1	6,1	5,9	6,2	6,1	6,7	—
VI	21,00	53	—	—	—	—	—	—	—	(1,1)	3,6	4,6	6,0	6,6	—
VII	25,15	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,8	2,8	4,6	—
			Mittl. Ringbreite, mm.												
I			(1,33)	2,15	2,10	1,45	1,45	1,25	1,15	1,30	1,20	1,25	1,20	1,05	—
II			—	—	3,50	2,05	1,50	1,25	1,05	1,05	1,00	1,05	1,05	1,00	—
III			—	—	—	(3,44)	2,10	1,85	1,10	1,10	1,15	1,05	1,10	0,95	—
IV			—	—	—	—	(3,43)	2,25	1,50	1,30	1,20	1,15	1,00	0,95	—
V			—	—	—	—	—	(2,83)	2,30	1,95	1,40	1,25	1,05	1,05	—
VI			—	—	—	—	—	—	—	(2,28)	2,15	1,60	1,55	1,40	—
VII			—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,55	1,85	1,70	—

[1]) Da die letzte sechsjährige Periode mit Rinde gemessen wurde, sind diese Zahlen nicht verwendbar.

Tab. 21.

Kiefer 51.

Scheibe	Höhe m	Zahl der Ringe	7—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	101—110	111 bis 120 [1])
			Jährlicher Flächenzuwachs, qcm											
I	1	114	(0,7)	3,0	3,5	4,9	5,5	9,7	15,7	17,7	14,7	20,7	15,9	16,6
II	5	104	—	(1,3)	3,7	4,3	5,0	7,9	11,9	13,8	12,7	15,7	13,2	13,7
III	9	95	—	—	(2,0)	4,5	4,2	6,8	11,0	11,6	11,6	13,1	11,7	12,1
IV	13	85	—	—	—	(1,4)	3,7	6,3	9,4	10,7	11,5	12,0	11,3	12,3
V	17	69	—	—	—	—	—	(2,3)	9,2	9,3	11,4	11,0	10,1	11,6
VI	21	57	—	—	—	—	—	—	(1,7)	3,6	8,3	9,9	9,4	10,2
VII	25	38	—	—	—	—	—	—	—	—	(2,1)	5,2	5,8	6,9
			Mittlere Ringbreite, mm											
I			(2,62)	2,20	1,40	1,45	1,30	1,35	2,40	2,20	1,60	2,00	1.40	1,35
II			—	(3,00)	2,45	1,55	1,35	1,70	2,05	1,95	1,55	1,70	1,30	1,25
III			—	—	(3,50)	2,45	1,35	1,70	2,10	1,80	1,55	1,55	1,25	1,20
IV			—	—	—	(3,00)	2,25	2,10	2,15	1,90	1,70	1,55	1,30	1,30
V			—	—	—	—	—	(2,88)	3,40	2,10	2,00	1.60	1,30	1,10
VI			—	—	—	—	—	—	(2,78)	1,95	2,55	2,10	1,60	1,50
VII			—	—	—	—	—	—	—	—	(3,25)	2,40	1,65	1,55

[1]) Die hier angegebenen Perioden beziehen sich auf das Alter des Baumes.

Im folgenden soll zunächst **die grofse Periode des Flächenzuwachses** besprochen werden. Bei der Untersuchung genügend alter Stämme findet man in jeder Höhe des Stammes zuerst ein Ansteigen des Flächenzuwachses bis zu einem Maximum und von da eine Abnahme des Zuwachses. Die Lage des Maximums ist bei den einzelnen Kiefern sehr verschieden, wie denn auch durch äufsere Faktoren sehr beträchtliche Schwankungen im Verlauf der Wachstumskurve hervorgerufen werden.

Die Steigerung des Flächenzuwachses in den ersten Jahren hängt mit der Erstarkung der Achsen zusammen. Der Grad der Zuwachssteigerung ist jedoch in den einzelnen Altersstadien der Pflanze ein sehr verschiedener. Wir erkennen dies am einfachsten, wenn wir das Flächenwachstum der ersten 10 Jahre an verschieden hohen Scheiben eines Stammes untersuchen. In den ersten Jugendstadien des Baumes und dementsprechend an den basalen Scheiben steigt das Flächenwachstum nur langsam an, in dem Baumalter von 10—25 Jahren erfolgt die Steigerung am schnellsten, während später das Dickenwachstum um so langsamer zunimmt, je älter der Baum ist resp. je höher die Scheibe liegt.

Als Beispiel für das Gesagte sei zunächst Kiefer 2 (Tab. 22) angeführt, die einem Bestande auf sehr geringem trockenem Boden angehörend nur ein geringes Dickenwachstum aufwies.

Kiefer 2. Flächenzuwachs (qcm) in den ersten 10 Jahren.
Tab. 22.

Scheibe	Höhe	Jahre										Summe
	m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	0,2	0,06	0,13	0,20	0,20	0,21	0,12	0,24	0,45	1,31	0,93	3,85
II	1,3	0,18	0,80	0,63	1,65	1,83	2,33	3,48	2,76	4,58	3,74	21,98
III	3,4	0,29	1,15	1,69	3,24	3,90	4,71	4,30	4,25	4,41	5,01	32,95
IV	5,5	0,44	1,00	1,72	2,20	3,01	2,73	3,53	3,37	4,03	5,96	27,99
V	7,6	0,19	0,65	1,52	2,99	4,26	3,19	4,36	4,71	4,13	5,73	31,73
VI	9,7	0,27	0,55	0,53	1,19	1,08	1,24	1,96	2,62	2,98	2,68	15,10
VII	11,8	0,14	0,30	0,49	0,42	0,33	0,63	0,88	0,80	0,68	1,11	5,78
VIII	12,9	0,06	0,19	0,48	0,50	0,72	1,06	0,97	0,79	1,38	1,72	7,87

Wenn die Summe des Zuwachses der ersten 10 Jahre hier nicht vollständig gleichmäfsig ansteigt und abfällt, so liegt dies darin, dafs es sich bei den einzelnen Scheiben um das Wachstum verschiedener Jahre handelt, in denen sowohl verschiedene Belichtung als wechselnde Witterungsverhältnisse gewisse Abweichungen hervorgerufen haben. Trotzdem treten die wesentlichen Unterschiede in den verschiedenen Stammhöhen genügend deutlich hervor.

Im Gegensatz zu Kiefer 2 zeigte die Kiefer 29 (Tab. 23) entsprechend den günstigen äufseren Verhältnissen ein sehr starkes Wachstum. Das schnellste Ansteigen der Wachstumskurve finden wir hier bei Scheibe III in 3,4 m Baumhöhe.

Kiefer 29. Flächenzuwachs (qcm) in den ersten 10 Jahren.

Tab. 23.

Scheibe	Höhe m	Jahre 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summe
I	0,2	0,08	0,28	0,78	1,37	1,32	2,32	4,48	7,09	9,99	14,03	41,74
II	1,3	0,13	0,93	2,03	3,56	5,37	8,44	8,72	8,28	10,90	12,29	60,65
III	3,4	0,26	1,09	1,90	4,17	5,45	8,13	10,30	14,95	14,91	16,36	77,52
IV	7,6	0,35	0,86	1,89	3,29	4,05	4,65	6,27	7,26	10,05	10,64	49,31
V	10,5	0,41	0,73	0,77	2,53	3,06	3,09	4,92	4,96	4,30	6,76	31,53

Wie wir aus den Tabellen 22 und 23 ersehen wird die absolute Gröfse der jährlichen Zunahme durch die äufseren Ernährungsfaktoren, Bodengüte, Wasserzufuhr und Lichtgenufs, beeinflufst, die relativen Unterschiede in der Steigerung des Dickenzuwachses stellen sich jedoch sowohl unter günstigen als ungünstigen äufseren Verhältnissen ein, sind demnach durch innere, in der Organisation der Pflanze liegende Ursachen bedingt.

Wir können unter Berücksichtigung der Höhe und der Jahresringzahl der verschiedenen Stammscheiben eine Kurve des Längenwachstums der eben angeführten Bäume konstruieren und an dieser Kurve die Höhen des betreffenden Baumes in Zeiträumen von 5 zu 5 Jahren ablesen, resp. die mittlere jährliche Längenzunahme für diese fünfjährigen Perioden berechnen. Diese Zahlen sind für die Kiefern 2 und 29 in der Tabelle 24 niedergelegt.

Tab. 24.

Baumalter, Jahre	Kiefer 2 Höhe m	Kiefer 2 Längenzuwachs in 5 Jahren m	Kiefer 2 Mittlerer Jahreszuwachs m	Kiefer 29 Höhe m	Kiefer 29 Längenzuwachs in 5 Jahren m	Kiefer 29 Mittlerer Jahreszuwachs m
5	0,30	0,30	0,06	0,75	0,75	0,15
10	0,85	0,35	0,07	2,60	1,85	0,37
15	1,60	0,75	0,15	4,55	1,95	**0,39**
20	3,10	1,50	0,30	6,50	1,95	**0,39**
25	5,05	1,95	**0,39**	8,20	1,70	0,34
30	6,90	1,85	0,37	9,65	1,45	0,29
35	8,65	1,75	0,35	11,10	1,45	0,29
40	10,20	1,55	0,31	12,60	1,50	0,30
45	11,35	1,15	0,23	13,50[2])	0,90	0,30
50	12,20	0,85	0,17	—	—	—
55	12,90	0,70	0,14	—	—	—
60	13,50	0,60	0,12	—	—	—
65	14,00	0,50	0,10	—	—	—
69	14,60	0,60[1])	0,15	—	—	—

[1]) Zuwachs in 4 Jahren. — [2]) Zuwachs in 3 Jahren.

Bei Kiefer 2 (Tab. 22) beginnen die Scheiben III, IV, V, welche die schnellste Zunahme des Dickenwachstums aufweisen, ihr Wachstum in dem Baumalter von 21 resp. 26 und 32 Jahren, also in einer Zeit, wo das Längenwachstum am ausgiebigsten ist. Dasselbe beobachten wir an Scheibe III der Kiefer 29, deren Wachstum im Baumalter von 12 Jahren beginnt. Die schnellste Steigerung des Dickenwachstums tritt hier ebenso wie das Maximum des Längenwachstums früher ein und zwar ungefähr im Baumalter von 10—20 Jahren.

Wir sehen demnach, dafs die Schnelligkeit der Steigerung des Dickenwachstums mit der Energie des Längenwachstums in einem gewissen Zusammenhang steht, indem das schnellste Ansteigen der Kurve des Flächenwachstums mit dem Maximum des Längenwachstums zusammenfällt. Wir dürfen daher wohl annehmen, dafs dieselben Faktoren, welche die Energie des Längenwachstums beeinflussen, auch auf die Steigerung des Dickenzuwachses von Einflufs sind.

Die Gröfse des Dickenwachstums, und der Zeitpunkt, in welchem dasselbe sein Maximum erreicht, ist jedoch vom Längenwachstum unabhängig, da die grofse Periode des Flächenwachstums in der Regel erst dann ihren Kulminationspunkt erreicht, wenn die Energie des Längenwachstums schon beträchtlich vermindert ist.

Wie wir später sehen werden, haben die jährlich wechselnden äufseren Verhältnisse (Temperatur und Regenmenge) auf den Dickenzuwachs einen beträchtlichen Einflufs. Dieser Einflufs macht sich jedoch in den ersten Jahren des Wachstums nur in geringem Mafse oder gar nicht geltend. An den oberen Scheiben tritt daher auch dann eine Steigerung des Wachstums ein, wenn das Dickenwachstum an den älteren Scheiben durch weniger günstige äufsere Faktoren herabgedrückt wird. Dies gilt nicht nur für einzelne Jahre, sondern eventuell auch für die zehnjährigen Perioden. Als Beispiel verweise ich auf die Kurven der Kiefer 30 (Taf. II), wo Scheibe IV in den Jahren 1835—44 ein steigendes Wachstum aufweist, während bei Scheibe I und II das Wachstum vermindert ist. Dasselbe können wir an Scheibe VI in den Jahren 1855—64 beim Vergleich mit den untern Scheiben I, II, IV beobachten. Weitere Beispiele liefern die Kiefern 13, 20, 22, 31 (Wachstumskurven Taf. II).

In den ersten Jahren des Wachstums einer Scheibe überwiegt demnach die durch innere Ursachen bedingte Steigerung des Zuwachses die Einwirkung äufserer Faktoren, welche nur ausnahmsweise beträchtlichere Schwankungen hervorrufen kann. Kurven, welche aus dem Flächenzuwachs der einzelnen Jahre konstruiert werden, zeigen daher zunächst immer ein ziemlich gleichmäfsiges Ansteigen und erst nach dem Zurücklegen dieser Jugendperiode beginnen jene beträchtlichen Schwankungen, welche durch die verschiedenen Witterungsverhältnisse bedingt sind. Eine genaue Begrenzung dieses Jugendstadiums läfst sich nicht geben, da die einzelnen Phasen nicht scharf getrennt sind, doch dürften die erwähnten Schwankungen zumeist mit 8—15 Jahren beginnen.

Bei jungen Kiefern ist der Flächenzuwachs aller Scheiben gleichzeitig in der Zunahme begriffen. Bei alten Kiefern dagegen ist die beträchtliche Altersdifferenz zwischen den basalen und den oberen Scheiben des Stammes zu berücksichtigen. Die basalen Scheiben können schon ein vermindertes Wachstum aufweisen, während der Zuwachs in den jüngeren Scheiben noch in der Zunahme begriffen ist. Als Beispiele hierfür seien die Kiefern 2 (Tab. 3), 13 (Tab. 7), 25 (Tab. 10), 30 (Tab. 13), 31 (Tab. 14) angeführt, bei welchen sich die Unterschiede an den einzelnen Scheiben in auffallender Weise bemerkbar machen und deren Verhalten durch den Verlauf der Kurven auf Tafel II und III illustriert wird.

Das Maximum des Flächenzuwachses fällt daher bei den einzelnen Scheiben in verschiedene Jahre. So tritt das Maximum des Flächenwachstums der einzelnen Scheiben bei Kiefer 25 in folgenden Perioden auf:

Scheibe I 1835—44
„ II 1845—54
„ III 1825—34
„ IV 1855—64
„ V 1875—84

Bei Kiefer 47 liegt das Maximum für

Scheibe I—III in der Periode 1833—42
„ IV „ „ „ 1853—62
„ V „ „ „ 1863—72

Wenn auch nicht vollkommene Regelmäſsigkeit herrscht, wie dies Scheibe III der Kiefer 25 beweist, so ist doch das Hinausschieben des Maximums bei den höheren Scheiben in ein späteres Baumalter unzweifelhaft. Die Ursache dieser Erscheinung ist in dem Einfluſs des Alters einer Scheibe zu suchen. Wir haben demnach bei dem Dickenwachstum mit einer in verschiedenen Altersstufen veränderlichen Wachstumsenergie zu rechnen.

Es ist wichtig, auf einen derartigen divergierenden Verlauf der Wachstumskurven verschieden hoher Scheiben hinzuweisen, weil wir daraus ersehen können, daſs das Herabgehen des Flächenzuwachses nicht durch die mit dem Alter verminderte Ernährung verursacht wird. Nach der Anschauung von R. Hartig würden sich bei verminderter Produktion von Assimilaten die Krone und die oberen Stammpartieen zunächst mit Nahrungsstoffen versorgen und es blieben bei relativem Mangel für die unteren Stammpartieen nur geringere Mengen von Baumaterial übrig, weshalb die letzteren nur wenig in die Dicke wachsen. Wenn in dem von uns angeführten Falle nur die Versorgung mit Assimilaten maſsgebend wäre, könnte wohl bei Verminderung der Assimilation ein Herabgehen des Zuwachses in den oberen Stammpartieen und der Krone unterbleiben, es würde aber niemals eine direkte Steigerung des Flächenzuwachses in diesen Teilen eintreten können. Was hier von der Assimilation ausgeführt wurde, gilt auch für die übrige Ernährung, und wir sind daher berechtigt zu sagen, daſs nicht die Ernährung, sondern die mit dem Alter eines

Pflanzenteiles wechselnden Kombinationen von Kräften in demselben einen wesentlichen Einfluſs auf den Gang des Wachstums ausüben.

Betrachten wir zunächst den Wachstumsgang der Kiefern 25 und 47, bei welchen die groſse Periode des Flächenwachstums an allen Scheiben mit besonderer Deutlichkeit hervortritt (Tafel III). Nur unbedeutende Schwankungen unterbrechen den Gang des zuerst ansteigenden, dann abnehmenden Wachstums. Es handelt sich hierbei um herrschende Stämme auf gutem, frischem Boden, die, wie das ausgiebige Wachstum beweist, auch in der Jugend mit einer starken Krone versehen waren.

Die Steigerung des Wachstums könnte wohl mit der Vermehrung der Nadelmenge und der im höheren Alter freieren Stellung der Krone in Zusammenhang gebracht, die vermehrte Assimilation als Ursache der Wachstumszunahme angesehen werden. Dagegen ist es unrichtig, die Abnahme des Wachstums auf die direkte Wirkung der Verminderung der Assimilation zurückzuführen. Bei der Fällung war Kiefer 25 mit einer starken, vollständig freistehenden Krone versehen. Die Krone dieses 29 m hohen Baumes fing bei 16,75 m Stammhöhe an, der stärkste Ast erreichte eine Länge von 10 m, die ganze Krone war reich benadelt, Bei diesem Umfang der Krone und ihrer reichlichen Benadelung konnte das Herabgehen des Wachstums nicht durch eine Verminderung der assimilierenden Oberfläche verursacht sein und ebensowenig durch Lichtentziehung, da der Bestand mit dem Alter sich dauernd lichter stellt. Die Annahme, daſs die Assimilationsenergie, d. h. die Leistungsfähigkeit der Nadeln mit dem Alter abnimmt und hierdurch die Verminderung der Wachstumsthätigkeit herbeigeführt wird, ist möglicherweise berechtigt. Es würde sich in diesem Falle aber auch um die Wirkung innerer Faktoren handeln, welche die Gröſse der Assimilationsenergie und gleichzeitig oder sekundär die Wachstumsenergie beeinflussen. Die Frage, ob man die Verminderung der Assimilationsenergie oder die Verminderung der Wachstumsenergie als primär anzusehen hat, soll hier nicht näher erörtert werden.

Auch bei anderen Stämmen, wie z. B. bei den Kiefern 30, 13, 2, findet trotz starker Kronenausbildung und Benadelung die Verminderung des Wachstums statt (Taf. II).

Ein Vertreter der Ansicht, daſs das Nachlassen des Dickenwachstums in höherem Alter nur durch äuſsere Verhältnisse bedingt sei, könnte die Ursache dieser Erscheinung in einer Veränderung des Bodens im höheren Alter des Baumes suchen. In einem alten, stark gelichteten Bestande könnte durch den stärkeren Lichteinfall ein Austrocknen des Bodens herbeigeführt werden, das entweder direkt das Wachstum beeinträchtigt oder indirekt die Assimilation durch geringere Aufnahme von Aschenbestandteilen beeinfluſst. Dem gegenüber ist zu bemerken, daſs der Boden, auf welchem Kiefer 25 wuchs, auch zur Zeit der Fällung noch sehr frisch war, wie schon das gute Gedeihen des stellenweise vorhandenen Buchenunterwuchses bewies. Ebenso gehört Kiefer 47 sehr gutem Boden an. Die Verminderung des Wachstums tritt, wie wir's an den Kiefern 30, 31, 38

sehen, auch auf dauernd sehr feuchten Standorten ein, wo das Grundwasser nur ca. 30–40 cm unter der Bodenoberfläche anstand, ein Austrocknen des Bodens demnach ausgeschlossen war.

Sollte es sich bei den Kiefern 25 und 47 um eine verminderte Fähigkeit der Pflanze neue aufnehmende Wurzelorgane zu bilden handeln, so wäre dies ein Zeichen von allgemeiner Verminderung der Wachstumsenergie, die hier nicht durch Nahrungsmangel hervorgerufen sein kann, weil die betreffenden Bäume entsprechend ihrer Krone und ihrem günstigen Standort als gut ernährt anzusehen sind.

Sowohl ungünstige Bodenverhältnisse als Beschränkung der Assimilation infolge geringeren Lichtgenusses und geringerer Ausbildung der Krone können den Abfall der Kurve des Flächenzuwachses beschleunigen.

Unter günstigen Boden- und Lichtverhältnissen steigt der jährliche Flächenzuwachs auf den untersten Scheiben ungefähr bis zum Alter von 100 Jahren, während natürlich bei den oberen d. h. jüngeren Scheiben der jährliche Flächenzuwachs noch bis zu einem höheren Baumalter (nicht Scheibenalter) ansteigt.

Ein genaues Alter läſst sich nicht angeben, hierzu ist der Zeitpunkt, in welchem das Maximum erreicht wird, zu verschieden, auch reicht die Zahl der mir vorliegenden Stämme zu spezielleren Angaben nicht aus.

An der untersten Scheibe wird das Maximum erreicht (die Zahlen sind abgerundet)

bei	Kiefer	46	mit	80	Jahren	(Taf. IV)
„	„	38	„	80	„	(Taf. III)
„	„	47	„	90	„	(Taf. III)
„	„	27	„	100 (?)	„	(Taf. II)
„	„	51	„	100	„	(Taf. IV)
„	„	25	„	110	„	(Taf. III)
„	„	50	„	110	„	(Taf. III)
„	„	48	„	130	„	(Taf. IV)

Wir sehen demnach schon an dieser geringen Anzahl von Stämmen nicht unbeträchtliche Unterschiede.

Die Lage des Maximums der groſsen Periode kann eine Verschiebung erleiden, indem der Zuwachs infolge von groſsem Lichtgenuſs in der Jugend beträchtlich gesteigert ist, oder indem durch ungenügenden Lichtzutritt im späteren Alter der Zuwachs eine frühzeitige Verminderung erleidet.

Die Kiefer 29, welche vollständig frei stand, zeigte an ihrer untersten 39 Jahre alten Scheibe (vgl. Tab. 12) im letzten Jahrzehnt den sehr beträchtlichen Flächenzuwachs von 44,50 qcm pro Jahr, bei einer jährlichen Ringbreite von 4,46 mm, während im ersten Jahrzehnt der Flächenzuwachs nur 3,08 qcm pro Jahr betrug bei einer mittleren Ringbreite von 3,20 mm. Eine länger dauernde derartige Steigerung des Flächenzuwachses etwa bis zum 100. Jahre ist ausgeschlossen, da wir zu ganz abnormen Werten für den Flächenzuwachs gelangen würden. Man denke sich nur die Kurve

dieser Kiefer (Tab. III) bis zum 100. Jahre verlängert und man wird unsere Annahme gerechtfertigt finden.

Bei den Kiefern auf sehr geringem Boden, welche mit einer guten Krone versehen sind (Kiefer 2, 8, 13), liegt das Maximum des Flächenzuwachses ebenfalls in jüngeren Perioden. Das Herabgehen der Wachstumsenergie wird bei diesen Stämmen durch die Minderwertigkeit des Bodens beschleunigt. In den Jugendstadien scheinen die Kiefern für die mangelhafte Zufuhr von Wasser und Mineralstoffen weniger empfindlich zu sein, das Dickenwachstum nimmt jedoch schon früher ab, trotz umfangreicher Krone. So wird das Maximum bei den untersten Scheiben der Kiefer 2 schon mit 50—60 Jahren, bei Kiefer 8 mit 40 Jahren erreicht. Bei Kiefer 13, die ebenfalls auf trockenem Boden wuchs, steigt die Wachstumskurve rasch an, teilweise findet noch bis zum 60. Jahre eine geringe Zunahme statt, dann erfolgt jedoch mit Ausnahme der obersten Scheiben ein dauernder Rückgang, obgleich die Kiefer bei der Fällung mit einer ziemlich umfangreichen, guten Krone versehen war. Kiefer 13 erhielt in dem sehr lichten Bestande eine sehr grofse Menge von Licht, die vollständige Entfernung der übrigen Kiefern würde den Lichtgenufs nicht wesentlich gesteigert haben, woraus wir entnehmen können, dafs die Freistellung derartiger Bäume im höheren Alter keine wesentliche Zuwachssteigerung bewirkt haben würde.

Kiefer 30 stand auf sehr feuchtem, wenn auch mineralisch ärmerem Boden. Die Krone sehr dicht, umfangreich, ca. 5 m weit ausliegend, begann — die Gesamthöhe des Baumes betrug 28,8 m — bei 17,4 m Baumhöhe, abgesehen von einem kleineren lebenden Ast, der schon bei 15,0 m vom Stamme abging. Die Krone war nach allen Seiten frei und empfing, da der Baum nahe am Bestandesrande stand, eine reichliche Menge von Licht. Der Flächenzuwachs steigt bei dieser Kiefer (Taf. II) rasch an und erreicht mit ca. 40 Jahren, also relativ früh, den Kulminationspunkt, die Abnahme erfolgt hier jedoch langsam und unter verschiedenen Schwankungen. Da der Boden nicht so ungünstig war wie bei den Kiefern 2, 8, 13 konnte sich die Wachstumsenergie länger erhalten.

In geringer Entfernung von Kiefer 30, aber mehr im Innern des Bestandes befand sich Kiefer 31. Bei einer Höhe von 32,0 m hatte dieser dünne Stamm eine sehr hoch angesetzte Krone, deren Äste nach den vier Windrichtungen nur 1,0 resp. 1,8, 0,8 und 1,5 m weit auslagen. Kiefer 31 war bei der Fällung keineswegs unterdrückt, aber in früheren Jahren durch die benachbarten Stämme bedrängt worden, was man aus der schwachen Kronenentwickelung und dem geringen Dickenzuwachs (vgl. Tab. 14) ersieht. Das Flächenwachstum kulminiert hier noch früher als bei Kiefer 30 (vgl. Taf. II) in der untersten Scheibe schon mit ca. 20 Jahren und geht im Laufe der Jahre mit einigen Schwankungen auf sehr geringe Werte herab. In der Periode 1885—94 wachsen an Scheibe I jährlich nur 1,82 qcm zu, an den mittleren Scheiben sogar noch weniger.

Wenn auch die Assimilationsgröfse der Nadelmenge nicht proportional

ist, so kann man doch bei den grofsen Unterschieden zwischen 30 und 31 mit Sicherheit sagen, dafs die Nadelmenge von Kiefer 31 zur Erhaltung der Energie des Dickenwachstums nicht ausreichte und daher ein frühzeitiger Rückgang infolge nicht ausreichender Assimilation erfolgte.

Den Kiefern 30 und 31 entsprechen in der Ausbildung der Krone die Stämme 20 und 22, welche jedoch auf frischem kräftigen Kiefernboden II.—III. Bonität wuchsen; 1894 hatten dieselben ein Alter von 65 Jahren erreicht. Kiefer 20, mit einer Höhe von 23,5 m, war ein herrschender Stamm, dessen gut entwickelte Krone bei 14,3 m ansetzte. Die Äste standen 3—4 m vom Stamm ab. Kiefer 22, dem gleichen Bestande angehörig, war nur 18,6 m hoch, die viel geringere Krone war bei 14,4 m angesetzt, die einzelnen Äste lagen nur 0,7—1,5 m weit aus.

Bei Kiefer 20 (Taf. II) steigt das Dickenwachstum bis zum Baumalter von ca. 55 Jahren und auch in der darauf folgenden 10jährigen Periode tritt nur eine geringe Abnahme ein, von der sich nicht sagen läfst, ob sie dauernd ist oder nur eine durch ungünstigere meteorologische Faktoren herbeigeführte Schwankung. Eine weitere Steigerung ist daher keineswegs ausgeschlossen. Kiefer 22 dagegen zeigt an den unteren Scheiben schon mit ca. 25 Jahren ein Zurückgehen des Flächenzuwachses, also eine viel frühere Lage des Maximums der grofsen Periode.

Ein Vergleich der Kiefern 2 und 4 zeigt, dafs auch auf armen, trockenem Boden, das Herabgehen des Flächenzuwachses an der Kiefer mit geringer Krone früher eintritt. Kiefer 2 (Taf. II) war mit einer guten Krone versehen, während Kiefer 4 dem gleichen Bestande angehörend nur eine geringe Krone aufwies. Während nun der Flächenzuwachs an den unteren Scheiben bei Kiefer 2 im Alter von 50—60 Jahren kulminiert, wird bei Kiefer 4 der Kulminationspunkt schon mit 30 Jahren erreicht.

Sehr häufig fällt demnach unter ungünstigen Bodenverhältnissen und bei ungenügendem Lichtzutritt die Kurve der grofsen Periode relativ zeitig, so dafs das Maximum in jüngeren Perioden auftritt, es wäre jedoch falsch, diese Erscheinung zu verallgemeinern.

Bei dem grofsen Einflufs, den das Licht auf den Gang des Wachstums besitzt, ist es nur natürlich, dafs bei einer dauernden Zunahme des Lichtgenusses und grofsen Differenzen der Lichtmenge in der Jugend und im Alter die Lage des Maximums der grofsen Periode sehr wesentlich verschoben wird. In jedem Kiefernbestande wird ein Teil der Stämme in der Jugend durch seine Nachbarn im Lichtgenufs und eventuell auch im Bodenraum beeinträchtigt, ohne jedoch so weit zurückzugehen, dafs vollständige Unterdrückung und Absterben die Folge wäre. Da nun bei der durch die Durchforstungen noch gesteigerten natürlichen Lichtung im höheren Bestandsalter diesen im Wachstum anfangs zurückgebliebenen Stämmen im Alter bedeutend mehr Licht zu teil wird, und da die Verminderung der Wurzelkonkurrenz bei der Verkleinerung der Stammzahl im gleichen Sinne wirkt, wird das Maximum erst in viel höherem Alter erreicht. Eine Vergröfserung des Wachstums in höherem Alter ist um so leichter möglich, je

geringer der entsprechende Zuwachs in jüngeren Jahren ist. So sehen wir an den Kiefern 50 und 48 (Taf. III und IV) trotz des günstigen Bodens in der Jugend nur ein geringes Wachstum, die Steigerung hält jedoch bis zum Baumalter von ca. 130 resp. 110 Jahren an. Analoge Verhältnisse können sich auch auf sehr armen Bodenarten vorfinden, wie Kiefer 9 beweist (Taf. II). Dieser Stamm, 13,1 m hoch, hatte bei der Fällung eine sehr geringe Krone, die erst bei 10,1 m Stammhöhe angesetzt war. Naturgemäfs sind hier die Differenzen geringer, auch dürfte das Wachstum nicht so lange anhalten als auf gutem Boden.

Es handelt sich bei dem Einflufs der Kronengröfse um einen trophischen Reiz, d. h. um eine sich wiederholende Anregung des Wachstums durch die Vermehrung der Assimilation und Ernährung. Der Erfolg eines solchen trophischen Reizes ist jedoch wie bei jeder Reizerscheinung von der Beschaffenheit der dem Reize unterliegenden Pflanze abhängig. Die Fähigkeit, auf den trophischen Reiz zu reagieren, kann durch zu lange dauernde Hungerzustände oder durch die natürliche Verminderung der Wachstumsenergie in hohem Alter verloren gehen. Wird z. B. eine Kiefer, die lange Zeit unter dem Schirm eines Altbestandes stehend sich nur kümmerlich am Leben erhielt, freigestellt, so wird kein kräftiger Baum daraus, und zwar wird die Freistellung um so weniger Erfolg haben, je mehr diese Pflanze ausgehungert und je älter dieselbe war. Ebenso wird die Freistellung einer 100—150jährigen Kiefer nur eine geringe oder gar keine Zuwachssteigerung zur Folge haben, wenn die Bodenverhältnisse nicht besonders günstig waren.

Die Gröfse der vorhandenen Wachstumsenergie ist wichtig für den Erfolg, welchen ein trophischer Reiz haben wird. Unter günstigeren äufseren Verhältnissen wird die Dauer der grofsen Periode verlängert, und somit auch die Wachstumsenergie länger erhalten. Mit dieser Erhaltung der Wachstumsenergie der Dickenzunahme wird die Kiefer auch im höheren Alter auf eine beträchtliche Steigerung der Ernährung reagieren, gleichgültig, ob diese Steigerung durch vermehrten Lichteinfall oder durch Verbesserung des Bodens hervorgerufen wurde. Eine solche Verbesserung des Bodens kann zum Beispiel stattfinden, wenn unter einer Überhaltskiefer ein neuer den Boden feuchthaltender Jungbestand heranwächst.

Eine erneute Vermehrung des Wachstums im höheren Alter nach dem Eintritt der Wachstumsabnahme finden wir bei den Stämmen 38, 46 und 49 (Taf. III und IV). Ein Stamm, der in früheren Stadien ungenügend ernährt war oder auf sehr schlechtem Boden gewachsen ist, dürfte im Baumalter von 160—170 Jahren unter keinen Umständen eine solche Zunahme des Dickenwachstums aufweisen wie Stamm 46.

Ein zeitweiliges Herabgehen der Wachstumskurve kann auch infolge von Raupenfrafs an den Nadeln eintreten. In welchem Mafse nun das Wiederansteigen der Wachstumskurve erfolgt, hängt nicht nur von dem Grade der Beschädigung, sondern auch von der Wachstumsenergie des Stammes vor dem Frafse ab. Jüngere und besser ernährte Stämme zeigen durchwegs eine gröfsere Reproduktionsfähigkeit,

Vergleichen wir den Gang der grofsen Periode des Längenwachstums mit der grofsen Periode des Dicken-(Flächen)wachstums, so finden wir in beiden Fällen durch günstigere äufsere Faktoren die Dauer der Wachstumsperiode verlängert. Bis zur vollständigen Unterdrückung des Wachstums können wir zwar die grofse Periode nicht verfolgen, aus dem dauernden Herabgehen des Zuwachses auf sehr geringe Werte darf jedoch auf das Ende der grofsen Periode geschlossen werden. Die Beobachtungen forstlicher Autoren lassen keinen Zweifel darüber, dafs sowohl das Längenwachstum als das Dickenwachstum auf gutem Boden und unter günstigen Lichtverhältnissen länger andauert, als unter ungünstigen äufseren Umständen. Es scheint jedoch, als ob nicht alle äufseren Faktoren dieselbe Wirkung hätten. Im hohen Norden sowohl als im Hochgebirge werden die Bäume trotz relativ zu niedrigen Temperaturen sehr alt. Relativ ungünstige Temperaturverhältnisse scheinen demnach keine Verkürzung der Dauer des Dickenwachstums herbeizuführen.

Auch ohne spezielle Berechnung folgt aus dem Verhalten des Flächenzuwachses, dafs auch der Massenzuwachs (das Gesamtdickenwachstum) einen Verlauf nimmt, welcher mit dem Gang der grofsen Periode des Längenwachstums nicht übereinstimmt. Der Massenzuwachs kann nur bei sehr früh unterdrückten Stämmen zeitlich mit dem Kulminationspunkt des letzteren zusammenfallen, in allen übrigen Fällen kulminiert der Massenzuwachs später. Der Flächenzuwachs der einzelnen Querschnitte des Stammes erreicht ebenfalls in der Regel das Maximum in einem höheren Baumalter als das Längenwachstum. Bei dem Flächenzuwachs ist jedoch das Alter der einzelnen Scheiben zu berücksichtigen, indem die höheren d. h. jüngeren Scheiben das Maximum später erreichen als die unteren Scheiben. Aufserdem können die Ernährungsfaktoren die Lage des Maximums sehr wesentlich verschieben, es herrscht hier aber keine solche Regelmäfsigkeit als beim Längenwachstum. Bei dem letzteren tritt das Maximum um so früher auf, je günstiger die äufseren Umstände sind, während bei dem Flächenzuwachs das Maximum sowohl unter ungünstigen als unter günstigen äufseren Verhältnissen spät auftreten kann.

Dagegen scheint die Schnelligkeit des Ansteigens des Flächenwachstums mit der grofsen Periode des Längenwachstums in gewissen Beziehungen zu stehen (vgl. S. 35).

Aus unseren Angaben und dem Vergleich der einzelnen Stämme folgt, dafs sich weder für die Kiefer im allgemeinen noch für die einzelnen Stämme eines Bestandes ein bestimmtes Alter für das Maximum und demnach für Zunahme und Abnahme des Dickenwachstums festsetzen läfst. Hiervon wird die Frage nicht berührt, ob das Dickenwachstum ganzer Bestände nach gewissen Regeln ansteigt und abfällt, resp. welchen Verlauf die Dickenzunahme in Beständen auf verschiedenem Boden und bei verschiedener Betriebsart innehält. Es kommt hier nicht nur die Zahl der sich erhaltenden Stämme in Betracht, sondern auch die Qualität der bei Durchforstungen und auf anderem Wege entfernten Stämme. Da ich mich

nur mit dem Wachstum des Einzelstammes beschäftigt habe, mufs ich bezüglich des Wachstums ganzer Bestände auf die Ertragstafeln für die Kiefer und auf die speziellen forstlichen Untersuchungen über den Wachstumsgang ganzer Bestände verweisen.

Im Anschlufs an die Erörterungen über die grofse Periode des Flächenwachstums möchte ich noch kurz auf den **Gang der Jahresringbreite** eingehen.

In den an das Mark grenzenden Jahresringen findet zunächst immer eine Zunahme der Ringbreite statt. Diese Vergröfserung der Ringbreite kann an den untersten Scheiben, welche gebildet werden, während die Pflanze noch klein ist, etwas länger dauern. In der Regel erreichen jedoch die Ringe schon mit 5—10 Jahren eventuell noch früher eine maximale Breite. In den Tabellen 3—21 umfafst die erste Periode in der Regel weniger als 10 Jahre, trotzdem liegt das Maximum häufig schon in dieser Periode. Wird die erste Periode nur von wenigen Jahren gebildet, so tritt das Maximum der Ringbreite in der zweiten Periode auf, nur bei basalen Scheiben später.

Würde — was nicht der Fall ist — der Flächenzuwachs nach der anfänglichen Steigerung gleich bleiben, so müfste die Ringbreite entsprechend der Vergröfserung der Scheibe konstant abnehmen. Aber auch bei langsamer Zunahme des Flächenzuwachses tritt eine Abnahme der Ringbreite ein, die verstärkt wird, sobald auch der Flächenzuwachs in der Abnahme begriffen ist. Als Beispiel für einen Stamm mit geringerer Steigerung des Flächenzuwachses sei Kiefer 13 (Tab. 7) und Kiefer 31 (Tab. 14) angeführt; wir finden hier nur ein Maximum im Verlauf der Ringbreite, welche mit dem Alter konstant abnimmt. Ebenso ist nur 1 Maximum vorhanden, sobald wie bei Kiefer 29 (Tab. 12) oder Kiefer 47 (Tab. 17) der Zuwachs von Jugend an ein grofser ist.

Die Verhältnisse liegen anders, sobald der Flächenzuwachs in den späteren Perioden eine lebhafte Steigerung erfährt, in welchem Falle, abgesehen von einzelnen Schwankungen, aufser dem ersten Maximum ein zweites Maximum auftritt. Dieses zweite Maximum tritt jedoch zumeist nicht scharf hervor, ist auch nicht an allen Scheiben zu beobachten. Als Beispiele seien die Kiefern 25 (Tab. 10), 30 (Tab. 13), 38 (Tab. 15) angeführt.

Bei dem dritten Typus von Kiefern findet zwar ein Ansteigen des Flächenzuwachses statt, die Intensität dieser Zunahme ist jedoch verschieden und dementsprechend treten mehrere Senkungen und Hebungen der Ringbreite ein. Hierher gehören die Kiefern 27 (Tab. 11) und 46 (Tab. 16).

Während das erste Maximum eine allgemeine Erscheinung ist, sind die folgenden Maxima zumeist nur unter günstigen Wachstumsverhältnissen zu finden. Die Schwankungen der Ringbreite können durch vermehrten Lichteinfall aber auch durch das Vorwiegen von Jahren mit günstigen Regenmengen und Temperaturverhältnissen hervorgerufen werden, sehr häufig ist jedoch der vorübergehende Abfall der Ringbreiten durch einzelne

Frassjahre bedingt. Wollen wir eine grosse Periode der Ringbreite annehmen, so kann der Kulminationspunkt derselben nur in dem ersten Maximum angesehen werden. Diese grosse Periode hätte demnach einen kurzen schnell ansteigenden Ast und einen durch verschiedene Schwankungen unterbrochenen längeren Ast. Nur bei Kiefern, die in der Jugend längere Zeit unterdrückt waren und erst später ein lebhafteres Wachstum aufweisen, wird das Maximum der Ringbreite in eine spätere Periode verschoben werden können.

Die grosse Periode des Flächenzuwachses bei der Kiefer reiht sich demnach vollständig den analogen Wachstumserscheinungen bei anderen Pflanzen an. Im Widerspruch mit dieser wohl allgemein anzunehmenden Periodicität des Wachstums hat R. Weber[1]) für verschiedene Nadelhölzer, Fichte, Tanne, Lärche, Kiefer und Weymouthskiefer einen wesentlich anderen Gang des Dickenwachstums nachzuweisen versucht. Weber unterscheidet zwischen dem Typus der frei erwachsenen oder dominierenden Stammklassen des Hauptbestandes und jenem der unterdrückten Klassen des Nebenbestandes. Als dritter Typus werden die im Schlusse erwachsenen und später freigestellten Stämme mit Lichtstandszuwachs hinzugefügt, die Weber in seinen Ausführungen jedoch nicht weiter berücksichtigt. Weber[2]) bezeichnet als Ergebnis seiner Untersuchungen, dass bei allen dominierenden Stämmen der untersuchten Holzarten vom Ende des verschieden langen Jugendstadiums an der Flächenzuwachs in allen Stammteilen sich durch eine arithmetische Reihe ausdrücken lässt, indem die jährlich durchschnittliche Flächenzunahme eines jeden Querschnittes fast unverändert die gleiche bleibt. Eine Ausnahme soll dieses „allgemeine Wuchsgesetz" nur dann erleiden, wenn entweder der Stamm durch Bedrängung seiner Krone, d. h. durch Lichtentzug in den Nebenbestand heruntersinkt, oder wenn ein Rückgang aus anderen lokalen Ursachen z. B. Wurzelkrankheiten, durch Pilzinfektion u. s. w. eintritt. Eine Veränderung in entgegengesetztem Sinne d. h. eine abnorme Steigerung des Flächenzuwachses durch plötzlich eintretende Kronenfreistellung sollen wir bei dem sog. Lichtungszuwachse finden, der jedoch in dem von Weber betrachteten Material nicht vorkommt. Weber macht ferner[3]) auf die lange Zeitdauer aufmerksam, innerhalb deren diese gleichmässige Vermehrung der Kreisflächen stattfindet; meistens soll diese 7—9 Decennien vom Ende des Jugendstadiums an dauern und selbst bei 140jährigen Bäumen noch keinen Kulminationspunkt erreichen. Er sagt „es scheint daher dies Flächenwachstum der dominierenden Stammklassen bis in hohe Altersstufen ungeschwächt mit nahezu

---

[1]) R. Weber, Untersuchungen über den Flächenzuwachs von Querschnitten verschiedener Nadelholzstämme; Forstlich-Naturwissenschaftliche Zeitschrift, herausgeg. von C. v. Tubeuf, 1896, V. Jahrgang. S. 220 ff.

[2]) l. c. S. 241.

[3]) l. c. S. 233.

gleichen jährlichen Beträgen fortzuschreiten, so dafs die Jahrringe als konzentrische Kreise von gleichen Inhalten der Ringflächen aufzufassen sind."

Weber sucht nun das Fortschreiten des Flächenwachstums durch die Formel $g = px$ auszudrücken, in welcher g die Querschnittsfläche, x die Zeit und p eine Konstante bedeutet, welche erst nach Beendigung des Jugendstadiums i zur Geltung kommt. Die Zeit x wird gerechnet vom Ende des Jugendstadiums i bis zu dem in Betracht kommenden Baumalter a ($x = a - i$), die Konstante p wird in Einheiten von 10 qcm ausgedrückt.

Da wir es bei unserer Arbeit nur mit der Kiefer zu thun haben, möchte ich an dem von Weber unter Nr. 34 angegebenen Kiefernstamme die angewendete Methode illustrieren und die Unrichtigkeit der betreffenden Aufstellungen nachweisen. Da wohl nicht jedem Leser die forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift zur Verfügung steht, sei es mir gestattet die von Weber gegebene Tabelle hier anzuführen (Tab. 25).

Tab. 25.

Querschnitt bei der Stammhöhe von m	a) Gemessen, b) Bei der Berechnung zu Grunde gelegtes		Kreisflächen der Stammquerschnitte in verschiedenen Höhen und bei nachstehenden Altersstufen										
			Alter	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
	p	i	Quadratcentimeter										
0 m Höhe	3,0	15	a	177	475	774	1075	1320	1605	1979	2273	2552	2790
			b	*150*	*450*	*750*	*1050*	*1350*	*1650*	*1950*	*2250*	*2550*	*2850*
5 m "	1,2	15	a	—	192	347	467	591	706	860	970	1076	1195
			b	—	*180*	*300*	*420*	*540*	*660*	*780*	*900*	*1020*	*1140*
10 m "	1,1	15	a	—	—	281	403	503	609	750	840	966	1071
			b	—	—	*275*	*385*	*495*	*605*	*715*	*825*	*935*	*1045*
15 m "	0,8	15	a	—	—	—	—	368	461	562	618	701	780
			b	—	—	—	—	*360*	*440*	*520*	*600*	*680*	*760*
20 m "	0,9	35	a	—	—	—	—	227	341	457	516	605	669
			b	—	—	—	—	*225*	*315*	*405*	*495*	*585*	*675*
30 m "	0,5	80	a	—	—	—	—	—	—	—	48	105	160
			b	—	—	—	—	—	—	—	*50*	*100*	*150*

In der vorstehenden Tabelle wird der wirkliche aus den Messungen abgeleitete Flächenzuwachs (a) mit den Multiplenreihen p x verglichen (b). Als Beispiel wie Weber zu den einzelnen Werten gelangt, diene die unterste Scheibe des angeführten Stammes.

Die gefundene Fläche bei 110jährigem Alter = 2790 qcm
" " " " 20 " " = 177 "
Differenz innerhalb 90 Jahren = 2613 qcm
folglich durchschnittlicher Zuwachs = 29 qcm

dementsprechend müfste p = 2,9 sein, weil p für eine Einheit von 10 qcm gilt. Dafür wird ohne irgend eine Angabe des Grundes diese Konstante als 3,0 angenommen. Zur Konstante 3,0 kann man kommen, wenn man

die bei 100 Jahren erreichte Fläche verwendet, $\frac{2552 \text{ qcm} - 177 \text{ qcm}}{80 \text{ Jahre}} = 29{,}7 \text{ qcm}$ und dementsprechend ist bei Abrundung p = 3,0. Allgemein findet man aus zwei um x Jahren auseinanderliegenden Grundflächen g_1, g_2 das

$$p = \frac{g_2 - g_1}{x}$$

Die Gröfse von i, d. h. die Länge des Jugendstadiums wird, wie sich Weber ausdrückt, „durch Versuche" gefunden.

Die Absicht Webers, den Gang des Dickenwachstums durch eine Formel auszudrücken, ist die Ursache seiner gänzlich verfehlten Anschauung geworden. Ein Wachstumsvorgang, bei dem die verschiedensten Faktoren, sowohl innere als äufsere einwirken und sich in mannigfaltiger Kombination und Stärke geltend machen, kann überhaupt nicht durch eine einfache Formel ausgedrückt werden. Diese Konstante p ist in Wirklichkeit weiter nichts als ein jährlicher Mittelwert für den Zuwachs, den man aus einer gröfseren Anzahl von Jahren gewinnt und nun vergleicht mit den einzelnen 10jährigen Perioden. Um diesen Mittelwert besser mit dem wirklichen Zuwachs in Übereinstimmung zu bringen, dient die Annahme eines Jugendstadiums, dessen Länge so gewählt wird, dafs die zu Anfang notwendig vorhandenen Differenzen ausgeschieden werden. Weber macht nicht einmal den Versuch, dieses Jugendstadium zu erklären oder auf irgend welche Ursachen zurückzuführen.

Würde man aus der oben angeführten Scheibe die Konstante p z. B. anstatt aus der Differenz der 110jährigen und 20jährigen Fläche etwa aus der Differenz der 110jährigen und 50jährigen Fläche berechnen, erhielte man als Wert für p nur 2,86 anstatt 3,0. Da jedes Charakteristikum für das Jugendstadium im Sinne Webers fehlt, könnte man aber ebenso gut das Jugendstadium auf 50 Jahre ausdehnen.

Wir können die Tabelle 25 auch anders darstellen, indem wir nicht die Gröfsen der in bestimmten Jahren erreichten Flächen, sondern den gemessenen und berechneten Zuwachs für die einzelnen zehnjährigen Perioden nebeneinander stellen (Tab. 26 und Fig. 1).

Während Weber behauptet, dafs die mittleren Differenzen zwischen den gemessenen und berechneten Zuwachsflächen höchstens einige Prozente beträgt, sehen wir aus Tabelle 26, dafs im Gegenteil sehr beträchtliche Unterschiede zu finden sind. Es gehen die Differenzen bei den Scheiben

in 0 m Höhe bis zu + 19,7 % der gemessenen Flächen
5 m „ „ „ + 22,5 %
10 m „ „ „ + 22,0 %
15 m „ „ „ — 42,8 %
20 m „ „ „ — 52,5 %
30 m „ „ „ + 14,0 %

Bei der Gröfse dieser Abweichungen mufs man die von Weber angeführten Zahlen für die Ableitung eines Gesetzes als wertlos bezeichnen.

Tab. 26.

Querschnitt bei der Stammhöhe von m	a) Gemessen, b) Berechnet		Zunahme der Stammquerschnittskreisflächen in 10jähr. Perioden bei verschiedener Stammhöhe										
			Alter	1 bis 20	21 bis 30	31 bis 40	41 bis 50	51 bis 60	61 bis 70	71 bis 80	81 bis 90	91 bis 100	101 bis 110
	p	i	Quadratcentimeter										
0 m Höhe	3,0	15	a	177	298	299	301	245	285	374	294	279	238
			b	*150*	*300*	*300*	*300*	*300*	*300*	*300*	*300*	*300*	*300*
5 m „	1,2	15	a	—	(192)	155	120	124	115	154	110	106	119
			b	—	*180*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*	*120*
10 m „	1,1	15	a	—	—	(281)	122	100	106	141	90	126	105
			b	—	—	*275*	*110*	*110*	*110*	*110*	*110*	*110*	*110*
15 m „	0,8	15	a	—	—	—	—	(368)	93	101	56	83	79
			b	—	—	—	—	*360*	*80*	*80*	*80*	*80*	*80*
20 m „	0,9	35	a	—	—	—	—	(227)	114	116	59	89	64
			b	—	—	—	—	*225*	*90*	*90*	*90*	*90*	*90*
30 m „	0,5	80	a	—	—	—	—	—	—	—	(48)	57	55
			b	—	—	—	—	—	—	—	*50*	*50*	*50*

Wenn Weber nur einige Prozente als Abweichungen zugiebt, so ist daran zu erinnern, daſs er eben aus einer gröſseren Anzahl von Jahren das Mittel des Wachstums bestimmt und nun die mittleren Abweichungen von diesem Mittelwerte angiebt. Über den Verlauf des Wachstums wird hierdurch aber gar nichts gesagt, da sowohl bei einer aufsteigenden als absteigenden Wachstumskurve die mittlere Differenz von den richtig bestimmten Mittelwerten auf 0 sinken kann, indem sich die positiven und negativen Abweichungen kompensieren.

Wie wenig der Verlauf des Wachstums den Angaben Webers entspricht, erkennt man am besten bei graphischer Darstellung in der von mir angewendeten Art und Weise. Nach Weber müſste die Kurve des Flächenzuwachses zunächst einen aufsteigenden Ast zeigen und sodann in horizontaler Richtung weiterverlaufen. Daſs dies nicht der Fall ist, können wir an den von mir gegebenen Kurven ohne weiteres feststellen. Die Wachstumskurven des von Weber angeführten Stammes sind in Figur 1 dargestellt. Dabei muſste der Anfang der Wachstumskurven weggelassen werden, da hierfür die genauen Angaben fehlen. Der Wachstumsverlauf nach der Weberschen Formel ist durch die gestrichelten Linien dargestellt, er stimmt, wie wir sehen, mit dem durch Messung gewonnenen Zuwachs durchaus nicht überein. Die von Weber in seiner Arbeit angewendete Methode der graphischen Darstellung des Wachstums giebt kein klares Bild des wirklichen Verlaufs.

Nachdem wir an einem Stamme des Hauptbestandes die Unrichtigkeit der Auffassung Webers gezeigt, möge noch kurz das Wachstum der unterdrückten Stämme des Nebenbestandes berührt werden. An den letz-

teren konstatiert Weber, daſs die Wachstumsenergie abnimmt und dementsprechend in der Gleichung $g = p\,x$ die Zahl für p eine Veränderung

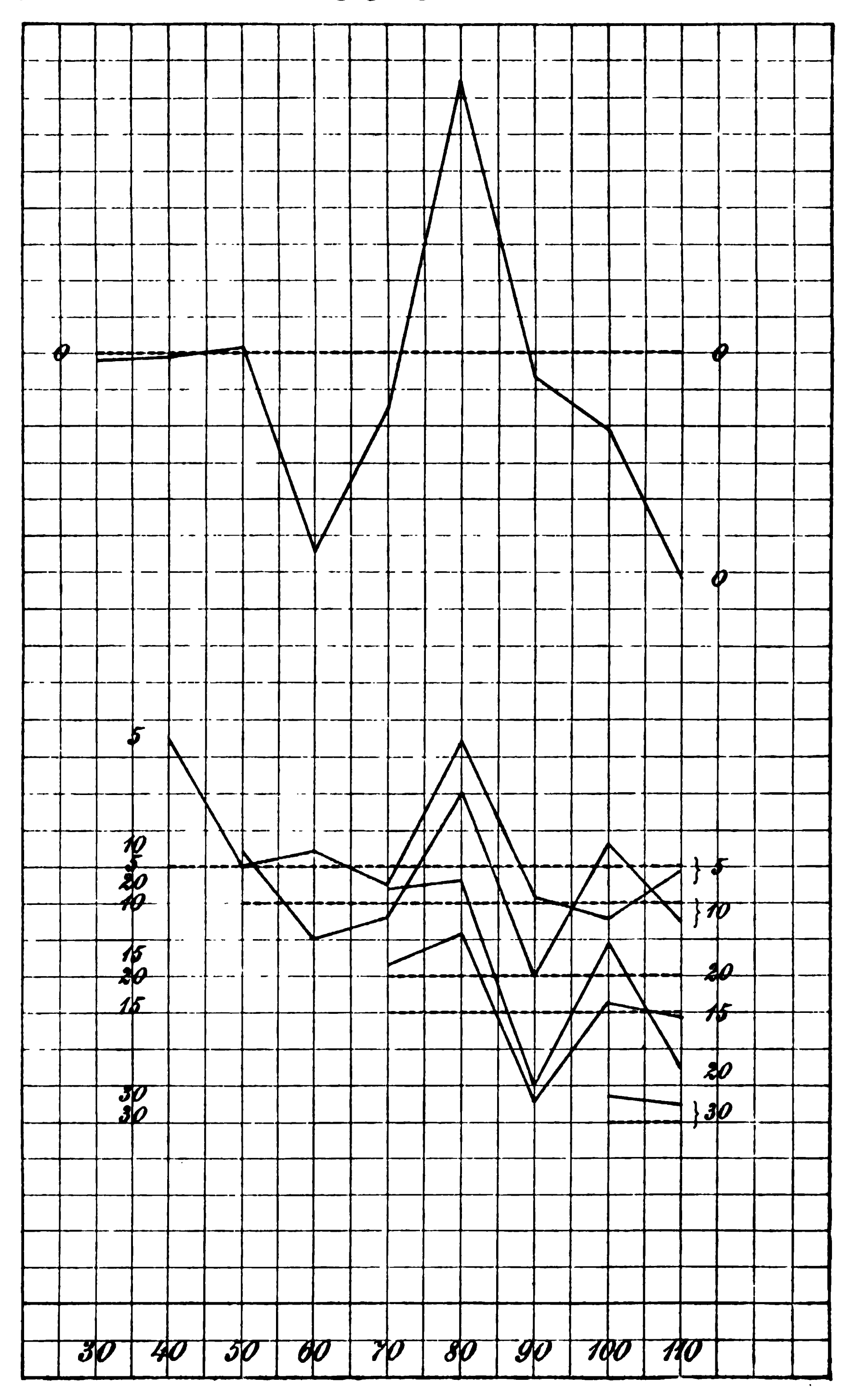


Fig. 1.

erleidet. Die Zahl p soll hier nicht für den ganzen Linienzug, sondern nur für Teilstrecken z. B. von 20 Jahren konstant bleiben. In Wirklichkeit ist p überhaupt nicht konstant, sondern veränderlich und die Annahme einer Konstanz für kürzere Zeiträume geschieht wohl nur, um die unterdrückten Stämme in Einklang mit den herrschenden Stämmen zu bringen. Die Wachstumsenergie nimmt bei unterdrückten Stämmen, wie wir an den von mir angeführten Stämmen gesehen haben, im höheren Alter schnell ab, doch gilt dies, wie Kiefer 9 zeigt (vergl. S. 43), nur dann, wenn dem unterdrückten Stamm bei fortschreitendem Wachstum keine vermehrte Belichtung zu teil wird.

Weber ist der Ansicht, dafs man durch Bestimmung der Konstanten p einen höchst einfachen Mafsstab für die Energie des Flächenwachstums überhaupt gewinnt. In dem kurzen Ausdruck p soll man, wie er an einer andern Stelle sagt,[1] einen trefflichen Mafsstab besitzen, um lange Zuwachsreihen nur mit einer einzigen Ziffer anzugeben, so dafs also Vergleichungen zwischen den Einwirkungen verschiedener Standorte, Höhenlagen oder verschiedener Grade der Lichtstellung auf den Flächen- und Durchmesserzuwachs sich mit Hilfe dieses Faktors am einfachsten anstellen lassen. Dasselbe erreicht man aber auch, wenn man den mittleren jährlichen Zuwachs bestimmt, dies Weglassen des ersten Jugendstadiums, in welchem das Wachstum konstant steigt, spielt bei älteren Stämmen nur eine ganz untergeordnete Rolle.

Hervorheben möchte ich jedoch, dafs Weber einen prinzipiellen Gegensatz konstruiert zwischen dem Verlauf des Dickenwachstums bei herrschenden und unterdrückten Stämmen, indem bei den ersteren die Wachstumsenergie konstant, bei den letzteren nicht konstant sein soll. Ein derartiger Unterschied besteht nicht. Das Vorhandensein einer grofsen Wachstumsperiode ist nur der Ausdruck für die verschiedene Wachstumsenergie, die grofse Periode finden wir aber sowohl bei den herrschenden als den unterdrückten Stämmen. Die Wachstumsenergie kann unter günstigen Verhältnissen, also bei den herrschenden Stämmen länger auf einer gröfseren Höhe erhalten bleiben, schliefslich wird dieselbe aber auch hier abnehmen und auf geringe Werte zurückgehen.

Weber verfällt beim Dickenwachstum in denselben Fehler wie bei seinen früheren Ausführungen über das Längenwachstum.[2] Auch die Energie des Längenwachstums soll für alle Stadien des Alters mit alleiniger Ausnahme des jugendlichsten bei derselben Bonität gleich bleiben, und das geringere Wachstum im Alter nur durch die vermehrte Kraftleistung, welche zur Wasserhebung auf gröfsere Höhen notwendig ist, verursacht sein. Diese Anschauung ist weder wissenschaftlich begründet noch entspricht sie den für andere Pflanzen bekannten Thatsachen, so dafs ich eine Widerlegung dieser Anschauung für überflüssig halte.

[1]) l. c. S. 234. — [2]) R. Weber, Lehrbuch der Forsteinrichtung mit besonderer Berücksichtigung der Zuwachsgesetze der Waldbäume, 1891.

Drittes Kapitel.

Einwirkung von Raupenfraſs auf den Zuwachs.

Der Flächenzuwachs der einzelnen aufeinander folgenden Jahre zeigt beträchtliche Differenzen. Zu diesen Schwankungen tragen in erster Linie die jährlichen Differenzen von Temperatur und Regenmenge bei, sowie jene Störungen, welche durch Raupenfraſs in den einzelnen Beständen hervorgerufen werden. Bevor wir nun den Einfluſs der klimatischen Faktoren untersuchen, ist es notwendig auf die Veränderungen des Wachstums infolge von Raupenfraſs einzugehen. Besonders in den auf trockenem Sandboden wachsenden Kiefernbeständen sind weitverbreitete Raupenbeschädigungen so häufig, daſs eine Zuwachsuntersuchung, welche hierauf keine Rücksicht nehmen würde, sicher zu falschen Resultaten gelangen müſste. Dagegen lag es nicht in meiner Absicht, die Ursachen, welche bei Kahlfraſs oder sehr starker Beschädigung zum Tode der Kiefer führen, in den Kreis meiner Untersuchungen zu ziehen. Eine solche Raupenbeschädigung ist gewissermaſsen ein Experiment im groſsen, durch welches der Einfluſs partieller Entnadelung und Verminderung der Assimilationsgröſse auf den Zuwachs erkannt werden kann. Zu ähnlichen Zwecken wurden schon früher Entnadelungen von Bäumen vorgenommen, aber hauptsächlich nur an jüngeren Pflanzen, bei denen die im Aufsteigen begriffene Wachstumsenergie die Verhältnisse ändert und gewisse Fragen nicht exakt beantwortet werden können.

Bei meinen Untersuchungen habe ich, soweit es sich um das Wachtum der einzelnen Jahre handelt, hauptsächlich die Zeit von 1874—1894 in Betracht gezogen. In diesem Zeitraum traten von Raupen über weite Teile der Reviere verbreitet die Nonne, der Kiefernspanner und der Kiefernspinner auf.

Beschädigungen durch die Nonne, Liparis monacha.

Die Raupen der Nonne nagen sich bekanntlich Ende April oder Anfang Mai aus den Eischalen hervor, bleiben noch einige Tage in „Spiegeln“ zusammen, bis sie in die Baumkronen zu wandern beginnen. Der durch die aufsteigenden Raupen bewirkte Fraſs erstreckt sich von den unteren und inneren Kronenpartieen allmählich nach den oberen und äuſseren Teilen, so daſs auch bei sehr heftigem Fraſse die höchste Spitze der Kiefer selten völlig kahl gefressen wird. Bei dem Fraſs durch die sich herab-

spinnenden und die verwehten Raupen sind dagegen die äufseren Zweigteile stärker befressen oder die Benadelung ist gleichmäfsig gelichtet.

Die Verpuppung erfolgt Anfang Juli, die Falter beginnen Ende Juli oder Anfang August zu fliegen. Ein Teil der Raupen kann sich jedoch noch länger erhalten, so dafs auch noch Anfang August fressende Exemplare gefunden werden.

Die Nonnenraupe frifst demnach hauptsächlich in den Monaten Mai und Juni, zur Zeit des Dickenwachstums der Kiefer, welches zumeist Ende April in den oberen Teilen des Stammes, etwas später auch in den unteren Teilen beginnt. Da durch Witterungsverhältnisse das Auskriechen der Raupen auch bis Mitte Mai hinausgeschoben werden kann, so dürfte zum Teil das Dickenwachstum etwas früher als der Frafs seinen Anfang nehmen. Die Differenz ist aber nur gering. Der Frafs endet früher als das Dickenwachstum, welches Mitte August noch nicht vollständig erloschen ist.

Der Falter belegt in der Regel die lichtbefressenen Bestände nicht wieder, sondern wandert in weniger befressene und weniger lichte Bestandsteile. Einzelne dichter gebliebene Kronen können auch erst im zweiten Jahre stärker belegt werden.

Die Art des Frafses läfst es uns verständlich erscheinen, dafs die Kiefer — bei der Fichte verhält es sich anders — relativ selten infolge des Nonnenfrafses abstirbt, indem ein Teil der Krone häufig erhalten bleibt und ein starker Frafs an demselben Baume sich im zweiten Jahre nicht mit der gleichen Intensität wiederholt, bei schwächerem Frafse können die noch dichteren Bestände auch im folgenden Jahre befallen werden.

In den um Eberswalde liegenden Oberförstereien ist die Nonne in dem von mir näher untersuchten Zeitraum zweimal aufgetreten. Die erste sehr umfassende Kalamität fiel in die Jahre 1876 und 1877, die zweite hauptsächlich in das Jahr 1892. Aus den Angaben Altums in der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, sowie aus den Akten der Oberförstereien, speziell der Oberförsterei Biesenthal konnte ich folgende Einzelheiten über das Auftreten der Nonne entnehmen.

Im Jahre 1871 schien die Nonne zugleich mit dem Kiefernspinner erloschen zu sein. Ihre Zahl hob sich erst ganz allmählich, jedoch seit 1874 so schnell, dafs bereits 1875 an manchen Stämmen 20—30 Schmetterlinge gezählt werden konnten. Doch war ihr Erscheinen noch eng lokalisiert und erstreckte sich nur auf einzelne Jagen und Jagenteile. Das Jahr 1876 brachte einen sehr starken und über grofse Revierteile ausgedehnten Nonnenfrafs, der sich auf die Oberförstereien Biesenthal, Eberswalde, Teile der Oberförsterei Chorin und den Eberswalder Stadtforst erstreckte. Speziell für die Jagen 213 und 232 der Oberförsterei Biesenthal, aus denen ich eine Reihe von Stämmen entnahm, wird ein erheblicher Nonnenfrafs angegeben, wenn auch kein Kahlfrafs eintrat. Über die Folgen des Frafses von 1876 hat Altum einige Angaben veröffentlicht. Danach sind die 1876 kahl gefressenen Bäume auch 1877 kahl geblieben und der Axt verfallen. Von

den 1876 an der Spitze noch büschelförmig, jedoch sehr durchsichtig benadelten Kiefern sind nur sehr wenige kahl geworden. Kiefern, deren Spitze dicht benadelt war, während die übrigen Zweige kahl waren, haben sich am 25. Juli 1877 bis auf wenige Ausnahmen unverändert gezeigt.

Im Jahre 1877 hat die Nonne im hohen Holz und im Stangenholz beträchtlich weniger gefressen. Sie hielt sich in diesem Jahre hauptsächlich in dem noch halb dunklen Gürtel auf, welcher die vorjährigen Lichtfrafsstellen in den Stangenorten umgab, mit der gröfseren Entfernung von der Grenze des Lichtfrafses nahm ihre Anzahl allmählich ab. Auch einzelne von dem eigentlichen Frafsherde mehr abliegende Bestände sind erst 1877 von den Raupen befallen worden, wie denn auch die Nonne immerhin noch sehr verbreitet war. Schonungen, in welchen die Raupen mehr Nahrung fanden, wurden 1877 stark beschädigt. Die Spiegel der Nonne mit den jungen Räupchen erschienen in dem nafskalten Frühlinge 1877 um fast zwei Wochen später als bei normaler Frühlingstemperatur. Am 11. Mai erschienen die ersten Spiegel an der Südseite, am 15. und 16. Mai 1877 an der Nordseite der Stämme. Die ersten Falter erschienen am 17. Juli, und da die Verpuppung 10 Tage (Weibchen) resp. 13 Tage (Männchen) dauert, so haben die Raupen ungefähr bis Anfang Juli, also ca. 7 bis 8 Wochen gefressen.

Es gab 1877 Distrikte, in denen die Nonnenraupen im Laufe des Frühlings und Sommers allmählich so verschwanden, dafs kaum die hundertste zur Verpuppung gelangte. Es war dies schon ein Zeichen, dafs die Nonnenkalamität im Abnehmen begriffen war. In der That hat dieselbe im Jahre 1878 vollständig aufgehört.

Die zweite Nonnenkalamität fiel in das Jahr 1892. Dieselbe war bei weitem nicht so ausgedehnt als die in den siebziger Jahren, doch standen mir darüber in den vorzüglich geführten Akten der Oberförsterei Biesenthal genauere Angaben zur Verfügung. In den Jahren vor der eigentlichen Kalamität trat die Nonne vereinzelt oder nur lokal in gröfserer Menge auf. Im Jagen 232, welchem die Kiefern Nr. 10—12 entnommen wurden, kam die Nonne 1889 nur in geringer Menge vor, 1890 vermehrte sich dieselbe etwas. Im Jahre 1891 fand hier ein Flug der Nonne statt, wobei am 5. August auf je 10 Stämme ca. 5 Falter, am 13. September auf ebensoviel Stämme ca. 15. Falter gezählt wurden. Im November 1891 fanden sich an den Stämmen zahlreiche Nonneneier vor. Da für das Jahr 1892 eine weitere Nonnenvermehrung zu erwarten war, die Stämme auch durch den Spanner und Spinner in den Jahren 1888 und 1889, sowie durch die Nonne im Jahre 1891 einen Teil der Nadeln (auf ca. $^2/_{10}$ geschätzt) verloren hatten, wurden im Jagen 232 die Stämme am Ende des Winters mit Leimringen versehen. Nach dem mehr summarisch abgefafsten Bericht des Revierförsters Schulz begann das Ausschlüpfen der Räupchen am 7. Mai und endete am 26. Mai 1892. Nach den Angaben des Herrn Professor Eckstein begann das Ausschlüpfen Ende April, am 10. Mai waren die Raupen 5 mm lang, am 16. Mai 8 mm, am 29. Mai 13 mm. Im Jagen 232 fanden sich 1892

unter den Leimringen an einzelnen Stämmen Raupen in solchen Massen, dafs ein Zählen derselben nicht leicht auszuführen war. Die Zahl der Raupen unter einzelnen Leimringen wurde auf mehrere Tausende geschätzt. Ein grofser Teil dieser Raupen ist eingegangen. Da Eier auch über den in Brusthöhe angebrachten Leimringen abgelegt waren, fanden sich auch in der Krone zahlreiche Raupen. Über die Leimringe selbst sind keine Raupen nach oben gewandert. Noch am 20. Juli 1892 fanden sich in der Krone durchschnittlich 75 Raupen pro Stamm und da um diese Zeit ein Teil der Raupen schon verpuppt gewesen sein dürfte, so ist es erklärlich, dafs trotz der Leimringe im Jahre 1892 hier eine beträchtliche Beschädigung stattfand. Im November wurde die noch vorhandene Nadelmenge von dem Revierförster auf durchschnittlich ca. $^6/_{10}$ der normalen Zahl geschätzt, die einzelnen Stämme sind jedoch sicher in verschiedenem Grade befressen worden.

Wenn demnach die Krone durch die vorhergehenden Frafsbeschädigungen etwas gelichtet war, so ist für Jagen 232 das Jahr 1892 als das eigentliche Frafsjahr anzusehen. Der Frafs hatte ca. 8—10 Wochen gedauert, war Anfang August beendet, da am 6. August an 10 gefällten Stämmen nur noch durchschnittlich 2,2 Raupen pro Stamm zu finden waren. Das Ausfliegen der Falter war am 6. August noch nicht erfolgt. Im Spätherbst wurden an verschiedenen gefällten Probestämmen zahlreiche Nonneneier gefunden.

Im Jahre 1893 begann das Ausschlüpfen der Raupe in der Zeit vom 20. bis 28. April und endete am 10. Mai. Oberhalb und unterhalb der 1893 in verschiedenen Jagen angelegten Leimringe waren Raupen zum Teil in sehr grofser Menge vorhanden. Dieselben gingen jedoch zu Grunde, so dafs beim Anprällen und Absuchen der Stämme am 26. und 27. Juni 1893 in dem Jagen 232 und den benachbarten Jagen nur 1—2 Raupen pro Stamm gefunden wurden. Während im Frühjahr 1892 die aus den Eiern gekrochenen Räupchen die Stämme in unzähligen Spiegeln bedeckten, traten sie Frühjahr 1893 an den meisten Bäumen in so verringerter Anzahl auf, dafs Raupen nur nach Hunderten unterhalb der Leimringe gezählt wurden, und schon Mitte Mai waren die Raupen bis auf einige wenige völlig verschwunden. Auch in den Baumkronen war die Zahl der Raupen nur verschwindend klein. Zwischen geleimten und ungeleimten Beständen war ein Unterschied nicht vorhanden.

Ein irgendwie erheblicher und zu berücksichtigender Frafs hat demnach 1893 in den für uns in Betracht kommenden Revierteilen nicht stattgefunden. In einigen in südwestlicher Richtung liegenden Revierteilen trat 1893 die Nonne etwas stärker auf, was darauf hinweist, dafs ähnlich wie 1876 und 1877 in verschiedenen Jagen die Frafsjahre nicht zusammenfallen müssen.

Wir sind durch diese Angaben über den Verlauf und die Stärke des Auftretens der Nonne orientiert, können danach aber selbstverständlich noch nicht den Grad der Beschädigung des einzelnen Stammes beurteilen. Einen

Mafsstab hierfür bietet uns jedoch das Herabgehen des Spätholzprozentes und die Gröfse des Zuwachsverlustes.

Tabelle 27 giebt uns eine Übersicht, in welchen Revierteilen Nonnenfrafs stattgefunden hat. Die Kiefern des Schutzbezirkes Chorin lassen keine Schädigung des Zuwachses erkennen, ebenso verhalten sich die Kiefern auf dem sehr feuchten Boden von Jagen 276 des Schutzbezirkes Grafenbrück. Bei einem Teil der Kiefern fand der Frafs hauptsächlich im Jahre 1876 statt (vergl. auch Tab. 28). Die übrigen Kiefern sind zwar in diesem Jahre ebenfalls etwas befressen worden, das eigentliche Frafsjahr ist jedoch erst das Jahr 1877 (vergl. auch Tab. 29).

Tab. 27.

Oberförsterei	Schutzbezirk	Jagen	Kiefer-Nummern	1876	1877
Chorin	Chorin	89a	39, 40, 41	—	—
	"	89b	30, 31	—	—
	"	89c	28	—	—
	"	69	29	—	—
	Kahlenberg	98	32	?	Frafs
Eberswalde	Bornemannspfuhl	132	20, 21, 22	schwacher Frafs	Frafs
	"	102	25	?	Frafs
	Schönholz	3	26, 27	schwacher Frafs	Frafs
Biesenthal	Heegermühle	248	1, 2, 3, 4, 5	Frafs	verschieden
	"	213	6, 7, 8, 9	Frafs	verschieden
	Grafenbrück	276a	33, 34, 35, 36, 37	—	—
	"	276d	38	—	—
	"	232	10, 11, 12	Frafs	—
	Eiserbude	204a	14, 15	Frafs	?
	"	264a	16, 17	schwacher Frafs	Frafs
	"	267d	18	schwacher Frafs	—
	"	237e	19	schwacher Frafs	schwacher Frafs

Die Einwirkung des Nonnenfrafses auf den Zuwachs der Kieter macht sich in drei Richtungen geltend: erstens in der verschiedenen Ausbildung des Spätholzprozentes, zweitens in Veränderungen des Flächenzuwachses resp. der Jahresringbreite, und drittens in der Verschiebung der Wachstumsverteilung auf die einzelnen Höhen des Stammes.

In den Tabellen 28—30 habe ich die Spätholzprozente und den Flächenzuwachs zusammengestellt, und zwar sind in denselben die Mittelwerte aus mehreren Scheiben für die einzelnen Jahre enthalten. Die Scheiben aus dem obersten Teil der Krone sind weggelassen, da an diesen das Flächenwachstum vermöge ihres Jugendzustandes von Jahr zu Jahr zunimmt, der Einflufs des Frafses sich demnach nicht in richtiger Weise ausprägt und aufserdem, weil in den jüngsten Scheiben die Bestimmung des Spätholzprozentes ungenau ist. Bei den Kiefern 4, 6, 7, 9 unterblieb das Dickenwachstum an einzelnen Scheiben ganz oder teilweise, die Spätholzprozente stellen hier nur das Mittel jener Scheiben dar, wo ein Zuwachs vorhanden

Tab. 28. Nonnenfrafs von 1876.

Kiefer	Mittel aus Scheibe	Spätholzprozente					Flächenzuwachs qcm.					Flächenzuwachs			
												Mittel	in $^0/_0$ d. Mittels v. 1874/75		
		1874	1875	**1876**	1877	1878	1874	1875	**1876**	1877	1878	1874/75	**1876**	1877	1878
1	I—VI	17	17	6	37	29	6,24	6,16	6,57	3,15	7,25	6,20	106	51	117
3	I—VI	30	33	19	35	45	2,49	2,02	2,32	1,11	2,38	2,26	103	49	105
5	I—IV	19	19	11	16	24	1,52	1,29	1,56	0,42	0,96	1,41	111	30	68
Mittel		22	23	12	29	33	3,42	3,16	3,49	1,56	3,53				
2	I—VI	29	27	18	37	37	5,74	5,79	5,30	4,29	6,67	5,77	92	74	116
8	I—V	26	25	16	60	32	3,36	3,48	2,93	1,65	7,31	3,42	86	48	214
12	I—IV resp. I—III	31	29	12	42	33	2,72	3,65	2,80	1,41	4,96	3,19	88	44	156
10	I, II, IV, V	34	31	13	42	29	8,03	6,95	5,23	3,15	8,33	7,49	70	42	111
11	I—V	26	28	9	48	34	8,78	7,78	5,11	2,79	7,36	8,28	62	34	89
7	I—V	26	25	7	(37)	39	3,45	4,12	3,92	0,54	6,16	3,79	103	14	163
9	I—V	28	27	5	(50)	43	1,65	1,64	1,39	0,15	1,74	1,65	84	9	105
Mittel		29	27	11	45	35	4,82	4,77	3,81	2,00	6,08				
6	I—V	19	20	4	8	29	7,85	8,94	5,46	0,20	2,56	8,40	65	2	30
4	I—V	20	18	4	fehlt	(24)	1,56	1,74	1,59	0	0,13	1,65	96	0	8
Mittel		20	19	4	(8)	27	4,71	5,34	3.53	0,10	1,34				
14	I—IX	30	33	23	23	43	9,51	9,49	9,51	6,36	8,03	9,50	100	67	85
15	I—IX	27	32	10	(5)	(23)	2,94	2,92	2,79	0,32	0,42	2,93	95	11	14
18	I—X	21	30	22	27	30	7,74	7,61	8,82	6,69	8,37	7,68	115	87	109
Mittel		26	32	18	25	32	6,73	6,67	7,04	4,46	5,61				

war und sind deshalb eingeklammert. Das Mittel des Flächenzuwachses wurde jedoch aus sämtlichen Scheiben berechnet. Die gleichartige Wachstumsdifferenzen aufweisenden Stämme der Fraſsjahre 1876 und 1877 wurden in Gruppen vereinigt, aus deren Mittelwerten die durch den Fraſs herbeigeführten Veränderungen leicht zu erkennen sind. Um die Gröſse der Veränderungen im Flächenwachstum besser beurteilen zu können, wurde noch aus den beiden Jahren vor dem Fraſse das Mittel genommen und der Flächenzuwachs des Fraſsjahres und der beiden Nachjahre darauf bezogen.

Tab. 29. Nonnenfraſs von 1877.

Kiefer	Mittel aus Scheibe	Spätholzprozente					Flächenzuwachs, qcm					Flächenzuwachs Mittel 1875/76	Flächenzuwachs in % d. Mittels 1875/76		
		1875	1876	**1877**	1878	1879	1875	1876	**1877**	1878	1879		**1877**	1878	1879
20	I, II, IV, V	21	20	18	32	20	8,76	10,11	6,41	10,07	13,20	9,44	68	107	140
21	I, III, IV	28	23	19	37	31	6,07	6,79	4,73	6,75	8,44	6,43	74	105	131
22	I—IV	32	27	17	58	37	2,93	2,98	1,38	1,64	3,15	2,96	47	56	107
19	II, III, V, VI	33	27	14	34	29	5,63	6,72	4,63	5,73	6,22	6,18	75	93	101
Mittel		29	24	17	40	29	5,85	6,65	4,29	6,05	7,75				
26	I—III	31	23	10	50	30	25,58	31,90	17,71	17,09	33,70	28,24	63	60	119
27	I—III	35	29	16	42	35	27,69	28,53	15,95	11,90	21,77	28,11	57	42	77
32	I—XI	—	28	8	40	29	—	6,96	4,44	2,23	4,87	6,96	64	32	70
Mittel		33	27	11	44	31	—	22,46	12,70	10,41	20,11				
16	I—VII	21	17	7	37	18	7,72	7,85	5,23	3,64	6,71	7,79	67	47	86
17	I—VIII	36	31	11	59	37	3,49	3,65	1,26	0,33	2,43	3,57	35	9	68
Mittel		29	24	9	48	28	5,60	5,75	3,25	1,99	3,57				

Tab. 30. Nonnenfraſs von 1892.

Kiefer	Mittel aus Scheibe	Spätholzprozente					Flächenzuwachs qcm					Flächenzuwachs Mittel 1890/91	Flächenzuwachs in % d. Mittels 1890/91		
		1890	1891	**1892**	1893	1894	1890	1891	**1892**	1893	1894		**1892**	1893	1894
12	I—IV	38	31	0	—	—	2,75	1,92	0,19	0,001	0,08	2,34	8	0	3
11	I—V	28	24	10	21	21	3,15	4,84	4,18	3,60	5,03	4,00	105	90	126
10	I, II, IV, V	35	35	11	30	33	9,38	8,94	5,23	4,91	8,57	9,16	57	54	94
38	I—VI	35	29	23	25	33	5,38	4,52	2,24	2,24	3,06	4,95	45	45	62

Die auffallendste Folgeerscheinung der Fraſsbeschädigung ist das Zurückgehen der Spätholzproduktion in dem Fraſsjahre, welcher Verminderung entweder schon im ersten Nachjahre oder später eine auffallende Steigerung des Spätholzprozentes folgt.

Im Frafsjahre sind die Spätholzzellen zumeist nicht so stark verdickt, besonders aber ist es die Schmalheit der Spätholzzone, welche auffällt. Die Folge ist, dafs das ganze Frafsjahr sich häufig wenig scharf markiert und wenn man nicht mikroskopisch untersucht, sogar übersehen werden kann. War die Beschädigung nicht zu stark, so hat das 1. Nachjahr eine scharf ausgeprägte Spätholzzone, und da Frafsjahr und 1. Nachjahr zusammen häufig ungefähr die Breite eines normalen Jahresringes aufweisen, kann man auf den Gedanken kommen, es lägen hier überhaupt nicht zwei Jahresringe vor, sondern ein Doppelring, welcher sich in einem Jahre gebildet habe. Gegen einen Doppelring spricht zunächst der vollständige Abschlufs und die scharfe Begrenzung des inneren Ringes, der mit kleinen abgeplatteten Zellen schliefst, während der äufsere Ring gleichmäfsig mit grofslumigen Zellen beginnt. Die scharfe Begrenzung des inneren Ringes läfst sich in allen Richtungen einer Scheibe nachweisen. Einen genaueren Beweis gegen das Vorhandensein eines Doppelringes erhält man durch die Beobachtung der betreffenden Ringe in verschiedenen Stammhöhen. In den oberen Teilen des Stammes und innerhalb der Krone wird der Ring des Nachjahres breiter, beide Ringe haben ein mehr oder weniger vollständig normales Aussehen, die Unterschiede im Spätholzprozent fehlen hier, so dafs an dem Vorhandensein zweier distinkter Jahresringe nicht zu zweifeln ist.

Naturgemäfs ist die Beschränkung der Spätholzproduktion graduell verschieden, da sowohl die normalen Jahre als die einzelnen Stammhöhen beträchtliche Differenzen des Spätholzprozentes aufweisen. Einer stärkeren Ausbildung des Spätholzes in normalen Jahren entspricht im allgemeinen ein geringeres Herabgehen des Spätholzprozentes im Frafsjahre. Aufser den Faktoren, welche die Höhe des Spätholzprozentes unter normalen Verhältnissen bestimmen, ist ferner die Stärke des Frafses von Einflufs. Es wäre jedoch falsch, wollte man die Stärke der Frafsbeschädigung allein nach der Höhe des Spätholzprozentes im Frafsjahre beurteilen. Bei geringer Verminderung oder gar Steigerung der Jahresringbreite im Frafsjahre mufs die schmale Spätholzzone prozentisch ausgedrückt kleinere Werte ergeben als eine gleich schmale Spätholzzone bei stärkerer Reduktion der Jahresringbreite. Bei der Beurteilung der Gröfse der Frafswirkung haben wir daher sowohl auf die Höhe des Spätholzprozentes als auf die Verminderung des Flächenzuwachses resp. der Ringbreite zu achten.

Die Tabellen 28—30 geben uns Beispiele für das eben Gesagte.

Die Kiefern 1, 3, 5 (Tab. 28) sind, wie die Steigerung des Flächenzuwachses im Frafsjahre zeigt, durch die Raupen weniger stark beschädigt worden, trotzdem ist das Spätholzprozent im Frafsjahre (1876) sehr beträchtlich vermindert. Kiefer 3, welche vor dem Frafse ein höheres Spätholzprozent aufweist, zeigt auch eine relativ geringere Abnahme desselben im Frafsjahre, 19% gegen 6%. An den Kiefern 14 und 15 (Tab. 28) ist der Flächenzuwachs im Frafsjahre ebenfalls nicht wesentlich verändert. Kiefer 14, ein herrschender Stamm mit sehr starker Krone, hat durch den Frafs

weniger gelitten als die dem Nebenbestande angehörende Kiefer 15, dementsprechend ist das Spätholzprozent bei Kiefer 14 nicht so stark vermindert. Die Kiefer 18 (Tab. 28) war überhaupt nur wenig befressen, was aus der Steigerung des Zuwachses im Jahre 1876 und dem relativ geringen Abfall des Wachstums im 1. Nachjahre (1877) hervorgeht, dementsprechend ist auch hier das Spätholzprozent relativ hoch geblieben.

Die Kiefern der zweiten Gruppe auf Tab. 28, Nr. 2—9 zeigen in den Jahren vor dem Fraſs (1874 und 1875) keine so beträchtlichen Unterschiede in der Höhe des Spätholzprozentes als im Fraſsjahre. Die Stärke der Beschädigung können wir besonders nach der Verminderung des Flächenzuwachses im 1. Nachjahre beurteilen. Ordnet man (Tab. 28 letzte Spalte) nun die Stämme dieser Gruppe nach dem Grade der Flächenzuwachsverminderung im 1. Nachjahre (im Vergleich zu dem Mittel der Jahre 1874 und 1875), so stimmt diese Reihe auch mit der Höhe der Spätholzprozente im Fraſsjahre (1876) überein.

Bei annähernd gleichen Spätholzprozenten in den Vorjahren wird demnach das Spätholzprozent im Fraſsjahre um so mehr herabgedrückt, je stärker die Beschädigung war. Hiermit stimmt auch das Verhalten der am stärksten beschädigten Kiefern 6 und 4 (Tab. 28) überein, wo das Spätholz im Fraſsjahre auf den geringen Wert von 4 % herabgeht.

Bei den in Tab. 29 angeführten Kiefern ist das Jahr 1877 als das eigentliche Fraſsjahr anzusehen, weil das Spätholzprozent in diesem Jahre am stärksten vermindert ist. Wir sehen jedoch an allen Kiefern schon im Jahre 1876 eine wenn auch geringere Verminderung des Spätholzprozentes eintreten und da die Nonne, wie aus dem früher Gesagten hervorgeht, schon 1876 sehr weit verbreitet war, möchte ich eine vorausgegangene geringere Beschädigung der Krone annehmen. Die zumeist unbedeutende Steigerung des Flächenzuwachses im Jahre 1876 ist mit dem Vorhandensein eines schwachen Fraſses sicher vereinbar.

Das Charakteristische der Veränderungen des Spätholzprozentes durch den Fraſs ist aber nicht nur das Herabgehen im Fraſsjahre, sondern auch die Steigerung im Nachjahre. In der Regel übertrifft das Spätholzprozent des Nachjahres sehr beträchtlich die Spätholzprozente der dem Fraſse vorausgegangenen Jahre (Kiefer 1, 2, 8, 10—12 Tab. 28, sowie die Kiefern der Tab. 29). Bei sehr starker Beschädigung (Kiefer 6 und 4 Tab. 28) tritt das Ansteigen des Spätholzprozentes nicht in dem 1. Nachjahre, sondern erst später ein, oder die Erhöhung des Spätholzprozentes macht sich nur in jenen Scheiben geltend, deren Wachstum nicht so stark reduziert ist, was zumeist die obersten Scheiben sind, jedoch kann auch die basale Scheibe die Erhöhung des Spätholzprozentes früher aufweisen.

Die Vergröſserung des Spätholzprozentes ist im allgemeinen bei jenen Bäumen am deutlichsten, welche bald nach dem Fraſse normales Flächenwachstum aufweisen, also entweder nicht so stark beschädigt sind oder eine gröſsere Reproduktionsfähigkeit der Krone besitzen. Dagegen kann die Erhöhung des Spätholzprozentes sehr zurücktreten oder ganz unter-

bleiben, wenn es sich um Kiefern handelt, deren Dickenwachstum dauernd durch den Frafs geschädigt ist. Dies ist der Fall, wenn die Kiefern schon sehr alt sind wie z. B. Kiefer 42, welche im Jahre 1877, ca. 195 Jahre alt, von dem Raupenfrafse stark beschädigt war, jedoch bis zur Fällung im Jahre 1896 ein geringes Wachstum aufwies. Ebenso zeigen jüngere Stämme, die stärker beschädigt sind und eventuell einige Jahre nach dem Frafse absterben, in dieser Zwischenzeit meistens nur eine geringe Erhöhung des Spätholzprozentes, welche über das Prozent der Jahre vor dem Frafse nicht wesentlich hinausgeht.

Die abnorme Steigerung des Spätholzprozentes im 1. Nachjahre hält nicht an, schon im 2. Nachjahre können normale Verhältnisse eintreten (Kiefer Nr. 10, 12 Tab. 28, Nr. 26, 27, 32, 20 Tab. 29), wenn auch häufig noch eine Erhöhung in diesem Jahre zu bemerken ist (Kiefer Nr. 1, 2, 8 Tab. 28, Nr. 22, Tab. 29).

Eine Verminderung des Spätholzprozentes wird auch für die Frafsbeschädigung durch den Kiefernspanner angegeben, so von Alb. Nilsson[1]) und R. Hartig.[2]) Nilsson führt aufserdem noch Zahlen an, aus denen die Verminderung der Dicke der Tangential- und Radialwände im Spätholze hervorgeht. Die spätere Erhöhung des Spätholzprozentes wird hier jedoch nicht erwähnt.

Auf die bei der Spätholzbildung wirksamen Faktoren soll erst im zweiten Teile dieser Arbeit eingegangen werden, es schien mir jedoch notwendig zu sein, die Thatsachen anzuführen, welche die Erkennung einer Frafswirkung erleichtern. Die Verminderung des Spätholzprozentes ist hierfür sehr wesentlich.

In Bezug auf die Einwirkung des Nonnenfrafses auf den Flächenzuwachs liegen Beobachtungen von R. Hartig vor, welche derselbe an Picea excelsa bei Gelegenheit eines im Jahre 1891 stattgefundenen Frafses angestellt hat. R. Hartig[3]) fand, dafs der Zuwachs an den Fichten schon im Frafsjahre selbst sehr beträchtlich zurückgeht. Infolge der Entnadelung tritt schon im Laufe des Frafsjahres eine totale Erschöpfung der Fichte an Stärke ein, so dafs der Zuwachs je nach dem Reservevorrat der Bäume nur $^1/_3$ oder $^1/_2$ des Normalzuwachses ausmacht. Im folgenden Jahre ist der noch lebende Schaft des Baumes völlig zuwachslos oder er bildet, falls noch Spuren von Reservestoffen aus dem Frafsjahre übrig blieben, eine feine Schicht von abnorm gebautem Holze. In einer späteren Publikation führt R. Hartig[4]) Fichten an, welche im

[1]) Alb. Nilsson, Följderna af tallmätarens och röda tallstekelns uppträdande i Nerike under de senare åren. Entomol. Tidskr. Årg. 14. H. I. 1893. S. 64.

[2]) R. Hartig, Über das Verhalten der vom Spanner entnadelten Kiefern im Sommer des Jahres 1895. Forstl.-naturw. Zeitschrift 1896, S. 59.

[3]) R. Hartig, Das Erkranken und Absterben der Fichte nach der Entnadelung durch die Nonne (Liparis monacha). Forstl.-naturw. Zeitschrift 1892, S. 53 und 58.

[4]) R. Hartig, Überblick über die Folgen des Nonnenfrafses für die Gesundheit der Fichte. Forstl.-naturw. Zeitschr. 1893, S. 253.

Frafsjahre eine geringere Verminderung des Zuwachses aufweisen und erst im ersten und noch mehr im zweiten Nachjahre ein stärkeres Herabgehen des Zuwachses zeigen.

Die Kiefer widersteht bekanntlich der Nonnenbeschädigung besser als die Fichte. Die im Vergleich zu den Fichtenbeständen relativ lichteren Kiefernbestände werden von der Nonne im zweiten Jahre nicht so stark belegt (vgl. S. 53), aufserdem mag die spätere Entwickelung der einjährigen Kieferntriebe dieselben vor der Frafsbeschädigung wenigstens etwas schützen, doch könnte auch eine gröfsere Widerstandsfähigkeit gegen Erhitzung und Austrocknung der beschädigten Triebe oder ein abweichendes Verhalten der Reservestoffe mit in Betracht kommen.

Infolge von Frafs absterbende Kiefern habe ich mit Ausnahme von Kiefer Nr. 12 (Frafs 1892) nicht untersucht, die vorliegenden Kiefern zeigen jedoch sehr verschiedene Grade der Beschädigung.

Als normale Wirkung des Frafses kann man bezeichnen, dafs der Flächenzuwachs im Nachjahre stärker zurückgeht als im Frafsjahre selbst.

Die Gröfse der Verminderung des Flächenzuwachses im Frafsjahre ist einerseits von der Stärke der Frafsbeschädigung, andererseits von den Temperatur- und Regenverhältnissen des betreffenden Jahres abhängig. Bei geringer Beschädigung kann das Frafsjahr sogar eine Steigerung des Flächenzuwachses im Vergleich zu dem Vorjahre aufweisen.

Die demselben Bestande angehörenden Kiefern 1, 3 und 5 (Tab. 28) unterscheiden sich durch den Umfang ihrer Krone; Nr. 1 ein herrschender, Nr. 3 ein mittlerer, Nr. 5 ein unterdrückter Stamm zeigen trotz dem verschiedenen Grade ihrer Ernährung im Frafsjahr (1876) eine Vermehrung des Zuwachses. Diese Erscheinung ist nur durch die im Jahre 1876 günstigeren Witterungsverhältnisse zu erklären. Wie wir später sehen werden, ist für die Gröfse des Wachstums die Temperatur der Monate Januar, Februar und März ausschlaggebend, und da 1876 die Kälteperiode schon Mitte Februar, 1875 dagegen erst Ende März beendet war, wäre der Zuwachs im Jahre 1876 ohne die Frafswirkung beträchtlich gesteigert worden; bei schwachem Frafs ist diese Steigerung gering, bei stärkerem Frafs tritt dafür eine Verminderung des Flächenzuwachses ein. Den Temperaturverhältnissen entsprechend ist daher auch an den in der Tabelle 29 angeführten Kiefern, wo der eigentliche Frafs erst 1877 stattfand, der Flächenzuwachs 1876 gröfser als 1875, obgleich auch für das Jahr 1876 (vgl. S. 60) eine geringere Frafsbeschädigung anzunehmen ist. Bei dem Raupenfrafs des Jahres 1892 (Tab. 30) wirken die im Vergleich zu 1891 weniger günstigen Witterungsverhältnisse in dem gleichen Sinne wie die Frafsbeschädigung auf eine Verminderung des Wachstums hin.

Naturgemäfs geht die absolute Gröfse des Flächenzuwachses im Frafsjahre bei den geringwüchsigen Kiefern auf geringere Werte zurück. Für die relative Verminderung des Flächenzuwachses im Vergleich zu dem Vorjahre ist jedoch der Umfang der Krone resp. der Ernährungszustand weniger mafsgebend als die Stärke der Beschädigung.

Die Kiefern 6—9 (Tab. 28) zeigen in den Jahren 1874 und 1875 im Mittel einen Zuwachs von 8,40, 3,79, 3,42, 1,65 qcm, während der Zuwachs im Fraſsjahre 65, 103, 86, 84 % dieses Mittels beträgt. Der mit der besten Krone versehene Stamm 6 zeigt demnach trotz guter Ernährung eine relativ stärkere Abnahme des Zuwachses als die übrigen Stämme und auch als der nur sehr schwachwüchsige Stamm Nr. 9. Analog verhalten sich die Kiefern 10—12 sowohl bei dem Fraſs von 1876 als dem von 1892. Die Behauptung von R. Hartig,[1]) daſs die stärkeren Fichten, welche den dominierenden Stammklassen angehören, im Fraſsjahre einen verhältnismäſsig gröſseren Zuwachs bilden als die den schwächeren Klassen angehörenden Stämme, kann nicht verallgemeinert werden und bedarf einer Einschränkung. Die Stärke des Fraſses und der damit verbundene Verlust an Assimilaten ist für das Dickenwachstum im Fraſsjahre viel wesentlicher als die Quantität der Reservestoffe, welche mit dem Umfang der Krone steigt. Hierfür sprechen auch die von Hartig (S. 52) angeführten Fichten Nr. 2 und 4, welche trotz ihres stärkeren Wachstums fast die gröſste relative Verminderung des Zuwachses im Fraſsjahre aufweisen.

Anders verhält es sich mit dem Zuwachs des Nachjahres, der wie später gezeigt wird, mit dem Umfang der Krone in gewissen Beziehungen steht.

Einigen Einfluſs muſste jedoch der Ernährungszustand des Baumes insofern haben, als das vollständige Fehlen des Zuwachses im Fraſsjahre an einem Teil des Stammes nur an schlecht ernährten und armkronigen Bäumen eintritt. Bei den von mir untersuchten Kiefern setzten im Fraſsjahre nur bei Kiefer Nr. 12 (Fraſs 92) die Jahresringe teilweise aus, doch dürfte unter Umständen auch bei der Kiefer ebenso wie bei der Fichte in den unteren Stammteilen ein vollständiges Fehlen des Zuwachses zu konstatieren sein.

Die Gröſse des gesamten Dickenwachstums ist natürlich bis zu einem gewissen Grade von der Menge der produzierten Nahrungsstoffe abhängig. Wenn nun bei schwacher Entnadelung das Dickenwachstum trotzdem zunehmen kann, so muſs man dies auf eine erhöhte Assimilationsthätigkeit der erhalten gebliebenen Nadeln zurückführen oder annehmen, daſs die Zunahme des Dickenwachstums auf Kosten der Aufspeicherung von Reservestoffen geschieht. Die Steigerung der Assimilationsthätigkeit der Nadeln ist an sich nicht unwahrscheinlich und findet, wie wir bei dem Spinner- und Spannerfraſs sehen werden, sicherlich statt, aus den vorliegenden Zahlen über das Wachstum in den Nonnenjahren können wir dies jedoch nicht entnehmen. Dagegen müssen wir annehmen, daſs nach der Fraſsbeschädigung die Menge der abgelagerten Reservestoffe eine geringere ist, indem das Dickenwachstum des auf den Fraſs folgenden Jahres in der Regel beträchtlich herabgeht. In dieser Beziehung ist auf das Dickenwachstum der Buche nach einem reichen Samenjahre zu verweisen. Durch die reichliche Produktion von Samen erleidet zwar das Dickenwachstum im Samenjahre

[1]) Forstl. naturw. Zeitschr. 1892, S. 53.

selbst eine Verminderung (R. Hartig), im höheren Maſse macht sich dieselbe jedoch erst in dem darauf folgenden Jahre geltend.[1]) Die Entziehung der Nahrungsstoffe zur Ausbildung der Samen wirkt demnach auch hier durch eine Verminderung der Reservestoffablagerung auf das Dickenwachstum des Nachjahres ein. Bei der Fraſsbeschädigung kommt noch hinzu, daſs die Ausbildung der neuen Triebe im Nachjahre eine groſse Menge von organischen Nahrungsstoffen beansprucht, welche ebenfalls dem Dickenwachstum entzogen werden. Die zur Verfügung stehenden Nahrungsstoffe werden dort verwendet, wo die gröſste Wachstumsenergie resp. die gröſste Anziehungskraft für Nahrungsstoffe vorhanden ist. Dementsprechend entziehen die Anlagen junger Triebe dem Kambium einen Teil des zum Dickenwachstum notwendigen Materials.

Die Nonne beginnt ihren Fraſs zu einer Zeit, wo die neuen Nadeln noch nicht ausgebildet sind, die alten Nadeln werden vorzeitig entfernt, später auch die neuen Nadeln zum Teil beseitigt. Im Nachjahre wird nun das Fehlen der älteren Nadeln nicht sogleich durch die im Nachjahre selbst entwickelten Triebe ersetzt, da die neuen Nadeln noch bis zum Juli in den Scheiden steckend keine beträchtliche Assimilationsthätigkeit entfalten können. Der späte Eintritt der erhöhten Assimilation, die Zufuhr von Nahrungsstoffen zu einer Zeit, wo die Wachstumsenergie schon vermindert ist, scheint das Wachstum nicht mehr in derselben Weise zu fördern als eine bessere Ernährung zu Beginn der jährlichen Wachstumsperiode.

Wenn daher das Dickenwachstum im Nachjahre stärker herabgeht als im Fraſsjahre, so ist dies nur zum Teil auf die verminderte Ablagerung von Reservestoffen im Fraſsjahre zurückzuführen. Die Verminderung des Wachstums im Nachjahre tritt auch dann ein, wenn im Nachjahre kein Fraſs mehr stattgefunden hat. Die Kiefern 26, 27, 32 sowie 16 und 17 (Tab. 29) sind 1876 jedenfalls nur schwach befressen worden, immerhin kann die Verminderung des Zuwachses im Jahre 1877 hierdurch etwas verstärkt sein. Das Herabgehen des Wachstums im Jahre 1878 dagegen beweist, daſs die stärkere Verminderung auch dann eintritt, wenn kein neuer Fraſs einwirkt, denn im Jahre 1878 war die Nonne vollständig verschwunden. Ebenso verhalten sich die Kiefern 11 und 10 im Jahre 1893 nach dem 92er Nonnenfraſs (Tab. 30). Inwieweit bei den 1876 befressenen Bäumen 1877 eine Wiederholung des Fraſses stattgefunden hat, läſst sich nicht mit voller Sicherheit sagen. Wir wissen zwar, daſs die Nonne licht befressene Bestände zumeist nicht wieder belegt, doch ist namentlich für einzelne Stämme ein wiederholter, wenn auch abgeschwächter Fraſs nicht unwahrscheinlich. Beachtenswert ist in dieser Beziehung das Verhalten des zweiten Nachjahres. Wo im zweiten Nachjahre das Wachstum wieder die normale Höhe erreicht oder sogar eine Übervergröſserung eintritt, erscheint mir eine erheblichere Wiederholung des Fraſses im 1. Nachjahr ausgeschlossen zu

---

[1]) H. Schumacher. Über den Einfluſs der Mast auf die Holzproduktion. Forstliche Blätter 1890, S. 77 ff. B. Borggreve, Die Holzzucht, II. Aufl. 1891, S. 35.

sein. Die Stämme der zweiten Gruppe Kiefer 2—9 (Tab. 28) zeigen eine solche starke Zunahme des Wachstums im 2. Nachjahr, anders verhalten sich jedoch die Kiefern 6 und 4. Bei diesen steigt das Wachstum zwar in dem zweiten Nachjahre (1878) ebenfalls, aber doch bei weitem nicht so beträchtlich, wie bei den übrigen Stämmen. Die Folgen des Frafses machen sich bei diesen Stämmen auch noch in den nächsten Jahren geltend, während bei der Gruppe der Kiefern 2—9 mit dem Jahre 1878 wieder normale Zustände eintreten. Immerhin liegt möglicherweise bei den Kiefern 6 und 4 nur ein einmaliger aber starker Frafs vor.

Mit der Bedeutung der Ernährung für die Wachstumsverminderung nach dem Frafse hängt auch die Thatsache zusammen, dafs besser ernährte und mit reicher Krone versehene Kiefern durch den Frafs weniger geschädigt werden als unterdrückte Kiefern. Bei gleicher Verminderung des Zuwachses im Frafsjahre ist daher der Zuwachs im Nachjahre um so geringer, je schlechter der Baum ernährt war.

Die Kiefern 1, 3 und 5 (Tab. 28) zeigen im Frafsjahre eine geringe Steigerung des Zuwachses, im ersten Nachjahre zeigen die mit besserer Krone versehenen Kiefer 1 und 3 die Hälfte, der unter Druck stehende Stamm 5 noch nicht $^1/_3$ des normalen Zuwachses. Ebenso steigt bei diesen Stämmen der Zuwachs im 2. Nachjahre um so stärker, je umfangreicher die Krone war. Ein weiteres Beispiel liefern die Stämme 14 und 15 (Tab. 28), bei denen trotz annähernd gleichem Verhalten im Frafsjahre der schlechter ernährte Stamm 15 sowohl im 1. Nachjahre einen viel geringeren Zuwachs, als im 2. Nachjahre eine viel geringere Steigerung des Zuwachses aufweist.

Bei ungleich starker Verminderung des Zuwachses im Frafsjahre wird natürlich ebenfalls jener Stamm in den Nachjahren mehr leiden, welcher, abgesehen von der schlechteren Krone im Frafsjahre, den geringeren Zuwachs aufwies. Als Beispiel hierfür seien die Kiefern 16 und 17 angeführt, von welchen die letztere die schwächere Krone und die stärkere Verminderung des Zuwachses aufwies.

Zur Entnadelung einer umfangreichen dichten Krone ist immer eine gröfsere Zahl von Raupen notwendig als bei Bäumen mit geringer Krone. Bei letzteren wird viel leichter ein relativ gröfserer Teil der Äste kahl gefressen werden können und absterben, was ebenfalls zur stärkeren Schädigung der mit geringer Krone versehenen Kiefern beiträgt.

Wenn wir auch für die Frafswirkung als Regel aufstellen können, dafs der Zuwachs im Nachjahre stärker vermindert wird als im Frafsjahre selbst, so hat diese Regel doch auch Ausnahmen. Bei den Kiefern 19—22 (Tab. 29) ging das Spätholzprozent im Jahre 1877 stärker zurück als 1876, wir müssen daher das Jahr 1877 als das eigentliche Frafsjahr ansehen. Die Beschädigung kann jedoch, wie die relativ geringe Verminderung des Spätholzprozentes zeigt, nicht sehr stark gewesen sein, und da aufserdem die Nonne im Jahre 1878 vollständig aufgehört hatte zu fressen, so finden wir nach dem Frafse (1878) bereits wieder eine Steigerung des Zuwachses,

welche bei den mit guter Krone versehenen Stämmen 20, 21 die normale Höhe erreicht, während dies bei dem Stamme mit geringer Krone, Kiefer 22 erst im 2. Nachjahre eintritt. Es mag hinzukommen, dafs es sich hier um Kiefern auf besserem Boden handelt, welche eine gröfsere Reproduktionsfähigkeit aufweisen. Das Herabgehen des Zuwachses im Nachjahre unterbleibt aber sicher nur bei schwacher Frafsbeschädigung und bei günstigen Witterungsverhältnissen des betreffenden Jahres, welche eine Verminderung der Assimilationsorgane ausgleichen können.

Was die Dauer der Nachwirkung des Frafses anbelangt, so haben wir eben gesehen, dafs unter günstigen Verhältnissen und namentlich bei geringer Beschädigung das Wachstum schon in dem ersten Jahre nach dem Frafse wieder die normale Höhe erreichen kann.

Die Beschädigung kann schon recht beträchtlich sein und wir finden trotzdem schon im Nachjahre wieder den normalen Zuwachs. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Kiefern 7 und 9 (Tab. 28). Der Flächenzuwachs ist hier im 1. Nachjahre auf 14 resp. 9% des mittleren Zuwachses vor dem Frafse herabgegangen und steigt im 2. Nachjahre schon wieder auf 163 resp. 105% dieses Mittels. Je weniger das Wachstum im 1. Nachjahre reduziert ist, desto vollständiger ist unter sonst gleichen Verhältnissen die Erlangung des normalen Zuwachses im 2. Nachjahre. In dieser Hinsicht vergleichbar sind die demselben Bestande angehörigen Kiefern 8, 7, 9 und 6. Das Wachstum geht bei diesen Stämmen im 1. Nachjahre auf 48 resp. 14, 9 und 2% des Mittels aus den Jahren 1874 und 1875 zurück und hebt sich im 2. Nachjahre auf 214 resp. 163, 105 und 30% desselben Mittels. Die gleiche Beobachtung ist an den Kiefern 10—12 und 1—5 (Tab. 28) zu machen.

Beim Vergleich von Kiefern verschiedener Bestände kann man eine Übereinstimmung zwischen der Wachstumsverminderung im 1. Nachjahre und der Wachstumssteigerung im 2. Nachjahre jedoch nicht erwarten, da die Gröfse der Reproduktionskraft der Kiefern je nach Ernährung und Alter recht verschieden sein kann.

Bei starker Beschädigung macht sich die Wirkung des Frafses auf eine Reihe von Jahren bemerkbar. Als Beispiel sei auf die Kiefern 6 und 4 (Tab. 33) verwiesen, welche nach dem starken Frafs von 1876 erst im Jahre 1882, also nach 6 Jahren wieder normale Zuwachsverhältnisse aufweisen. Da Frafsbeschädigungen in Kiefernbeständen nicht selten sind, kann man an den Kiefernscheiben häufig ein auffallendes Schwanken der Ringbreite, ein mehrere Jahre umfassendes Herabgehen des Zuwachses beobachten. Die Wachstumskurve einer älteren Kiefer, welche die jährlichen Flächenzuwachse darstellt, zeigt immer sehr beträchtliche Schwankungen und zumeist gelingt es auch bei genauerer Untersuchung festzustellen, dafs vor einem Minimum der Kurve das Spätholzprozent eine auffallende Verminderung aufweist, also ein Frafs beteiligt war. Es erscheint mir allerdings zweifelhaft, ob die Verminderung des Spätholzprozentes in gleicher Weise bei der Beschädigung durch verschiedene Insekten eintritt.

Durch Frafs kann auch eine dauernde Verminderung des Flächenzuwachses eintreten. Da stark befressene Stämme mehrere Jahre zur Wiederherstellung ihrer Krone bedürfen, können sie während dieses Zeitraumes hinter den weniger beschädigten Stämmen auch im Längenwachstum zurückbleiben, sie werden von den benachbarten Stämmen stärker bedrängt und eventuell ganz unterdrückt. Bei alten Stämmen ist die Reproduktionsfähigkeit der Krone überhaupt gering und wir sehen an ihnen dann die Ringbreite plötzlich auf sehr geringe Werte herabgehen. Als Beispiel hierfür kann ich auf die zur Zeit des Frafses (1877) ca. 200 Jahre alte Kiefer 42 verweisen, welche noch 20 Jahre nach dem Frafs auf einem geringen Wachstum beharrte, ohne dafs eine erhebliche Wachstumssteigerung eintrat. Die durch das Alter bedingte Verminderung der Reproduktionsfähigkeit ist aber eine Erscheinung, die sicherlich nicht allein vom Nahrungsmangel abhängig ist, sondern auf eine Veränderung der Wachstumsenergie zurückzuführen ist. Frafsbeschädigungen beeinträchtigen daher in allen Beständen sehr bedeutend den Ertrag, ohne dafs Absterben der Stämme erfolgt.

Ist die Beschädigung bis zu vollständigem Kahlfrafse vorgeschritten, so kann die Kiefer selbstverständlich unmittelbar nach dem Frafsjahre absterben. Bei Erhaltung eines geringen Teils der Krone, oder wenn das betreffende Individuum schon vorher durch andere Insekten beschädigt ist, kann der Tod auch erst mehrere Jahre nach dem Raupenfrafse eintreten. Kiefer 12 (Tab. 30) war durch vorausgehenden Spinnerfrafs etwas geschädigt, wurde sodann 1892 von dem Nonnenfrafs betroffen. Nach 1892 zeigte sich nur in den obersten Scheiben noch Wachstum, an den unteren drei Scheiben fehlte dies vollständig. Dieser Stamm war im Juni 1896 schon im Absterben begriffen und hätte sich höchstens noch bis zum Jahre 1897 gehalten. Diese den praktischen Forstleuten längst bekannte Thatsache, dafs der Tod erst mehrere Jahre nach dem Frafse eintritt, dürfte dadurch zu erklären sein, dafs bei sehr starker Reduktion der Krone die Assimilation noch einige Zeit genügt, um die Zellen des Baumes am Leben zu erhalten, einem längeren allgemeinen Hungerzustande vermögen jedoch die Zellen auf die Dauer nicht zu widerstehen. Wenn an Kiefernstämmen das Wachstum lokal mehrere Jahre aussetzt, ist dies nicht immer durch Fehlen der Nahrungsstoffe verursacht, wie wir später sehen werden, bei allgemeiner Unterdrückung des Wachstums ist jedoch der Mangel an Nahrungsstoffen entscheidend für die weitere Existenz des Baumes.

Die Veränderungen des mittleren Flächenzuwachses geben uns, insofern die entnommenen Scheiben ungefähr gleichmäfsig über den Stamm verteilt waren, ein Bild von den Veränderungen des Gesamtdickenwachstums. Da die Wachstumsdifferenzen in den verschiedenen Höhen eines Stammes nicht dieselben sind, ist es notwendig, auf die Verschiebungen des Wachstums einzugehen, welche infolge des Frafses eintreten.

In den Tabellen 31—33 ist der Flächenzuwachs der in Betracht kommenden Jahre für eine Reihe von verschieden stark beschädigten Kiefern zusammengestellt. Dabei sind auch die obersten, zur Zeit des

Fraſses noch sehr jungen Scheiben aufgenommen, welche in den Tabellen 28 und 29 nicht berücksichtigt wurden. Um die Verteilung des Wachstums besser übersehen zu können, wurde in Spalte 2 der Flächenzuwachs der einzelnen Querschnitte in Prozenten der Zuwachssumme der gemessenen Scheiben ausgedrückt. Spalte 3 zeigt (in Prozenten) das Verhältnis des Flächenzuwachses der einzelnen Jahre zu dem Flächenzuwachs des unmittelbar vorausgehenden Jahres. (S. Tab. 31, 32, 33, 34.)

Wie ich später noch eingehend nachweisen werde ist es unrichtig, aus dem Herabgehen des Gesamtzuwachses infolge verminderter Produktion von Assimilaten den Schluſs zu ziehen, daſs die Verteilung des Zuwachses am Stamme von der Verteilung der Nahrungsstoffe abhängig sei. In analoger Weise wie bei der Ausästung soll nach dem Fraſs das Dickenwachstum innerhalb der Krone und an den oberen Stammteilen deshalb relativ weniger leiden, weil die Assimilate des Fraſsjahres gröſstenteils in den oberen Baumteilen verbraucht werden, so daſs für die unteren Stammteile keine genügenden Nahrungsstoffe mehr übrig bleiben.

R. Hartig[1]) sagt bei der Besprechung des Fraſses an Fichten: „Es kann kaum bezweifelt werden, daſs fast der gesamte Zuwachs des Hauptschaftes aus der Verwendung der Reservestoffe stammt, daſs die Assimilationsprodukte des Fraſsjahres gröſstenteils nur im oberen Baumteile Verwendung fanden. Man darf dies einerseits aus dem Umstande schlieſsen, daſs bei allen Bäumen innerhalb der Krone der Zuwachs des Fraſsjahres ein relativ gröſserer ist als im unteren Schaftteile, andererseits der Thatsache entnehmen, daſs bei schwacher Krone der Zuwachs überhaupt nur oben erfolgt. Dies zeigt z. B. der Zuwachs des Nachjahres bei solchen Bäumen, deren Gipfel 1890 nicht völlig kahlgefressen, sondern im obersten Teile mehr oder weniger intakt geblieben ist.“

Bei konsequenter Durchführung müſste nach dieser Anschauung der Flächenzuwachs von der Spitze nach der Stammbasis hin im Fraſsjahre abnehmen und da dies nicht der Fall ist, greift Hartig zu der Hypothese, daſs in jenen Fällen, wo unten ein gröſserer Zuwachs als oben zu erkennen ist, daselbst ein reicherer Vorrat an Reservestoffen vorhanden sei. Wenn Hartig dies nur für seine Stämme 1 und 3 als zutreffend bezeichnet, so stimmt dies mit seiner auf S. 52 gegebenen Tabelle keineswegs überein, denn mit Ausnahme der Stämme 10—12 liegt das Minimum des Zuwachses im Fraſsjahre immer über den basalen Scheiben, welch letztere auch bei den Stämmen 5, 6, 7, 9 ein Wachstum aufweisen, das gröſser oder doch gleich ist als das Wachstum in der Krone oder den oberen Stammteilen Es muſs bedenklich erscheinen, daſs die Reservestoffe allein an der Basis einen ebenso groſsen Zuwachs hervorbringen sollen als an der Spitze die Reservestoffe und die neuen Assimilate zusammen. Bei Fichte 7 fehlt in 3 m Baumhöhe der Zuwachs des Fraſsjahres, während bei 1 m Baumhöhe

[1]) Forstl.-naturw. Zeitschrift 1892, S. 53.

der Zuwachs mit 1,2 qcm gröfser ist als am übrigen Stamm. Eine solche Ungleichheit in der Verteilung der Reservestoffe ist doch schwer zu erklären.

Hartig berichtet ferner (l. c. S. 51) von einem Stamm, der am 10. August nur 0,14 von dem Holzzuwachs entwickelt hatte, obwohl in Rinde und Splint noch grofse Mengen von Stärke abgelagert waren, während ein anderer Stamm fast den doppelten Zuwachs, 0,27 des Vorjahres, aufwies bei Spuren von Stärke in Rinde und Holz. Hier liegt doch sicher ein Fall vor, wo nicht die Gegenwart von Reservestoffen über die Gröfse des Wachstums entschied.

Die Frage, welche Faktoren die Verteilung des Zuwachses am Stamme bestimmen, soll erst später erörtert werden, ich möchte jedoch schon an dieser Stelle vorausschicken, dafs der Kiefernstamm durch das Dickenwachstum die Form eines Trägers gleichen Widerstandes erhält. Die Verteilung des Zuwachses richtet sich nach der Gröfse der mechanischen Beanspruchung, welche als Reiz wirkend, die Gröfse der Wachstumsenergie verändert; der letzteren entsprechend werden die Nahrungsstoffe angezogen und verwendet, und nur bei Hungerzuständen kann die Regulation des Wachstums möglicherweise eine unvollständige sein, indem die jüngeren Teile der Pflanze für die Nahrungsstoffe eine stärkere Anziehungskraft entwickeln.

Die bei der Einwirkung des Frafses auf die Verteilung des Zuwachses gemachten Erfahrungen genügen allein noch nicht zu einem befriedigenden Beweise, wir können jedoch untersuchen, wie die vorliegenden Thatsachen mit den verschiedenen Ansichten übereinstimmen.

Die Kiefern, welche eine bessere Krone und dementsprechend ein stärkeres Wachstum haben, Nr. 2, 1, 11 (Tab. 31), 6 (Tab. 33), 14 (Tab. 34) zeigen im Frafsjahre (1876) eine deutliche Verschiebung des Zuwachses. Im Vergleich zum Vorjahre wachsen die oberen Scheiben relativ stärker in die Dicke als die unteren Scheiben, was man namentlich an den Prozentzahlen der Spalte 3 leicht erkennt. Diese Verschiebung ist unabhängig von der Gröfse des Gesamtwachstums im Frafsjahre, indem dieselbe sowohl bei Zunahme als bei Abnahme des Dickenwachstums eintritt. In jenen Fällen, wo das Dickenwachstum im Frafsjahre nur wenig differiert oder gegen das Vorjahr eine Steigerung erfährt (Kiefer 2, 1, 14), wird der Flächenzuwachs der oberen Scheiben im Frafsjahre vergröfsert, während in den unteren Scheiben sich eine Abnahme geltend macht. Bei stärkerer Verminderung des Gesamtzuwachses (Kiefer 11, 6) zeigen alle Scheiben im Frafsjahre eine Abnahme, dieselbe ist jedoch bei den oberen Scheiben relativ geringer.

Nach der von R. Hartig vertretenen Anschauung würden die unteren Stammteile weniger mit Nahrungsstoffen versorgt, sobald die zugeführte Nahrungsstoffmenge und damit der Gesamtzuwachs abnimmt. Hierdurch wäre wohl die stärkere Verminderung des Flächenzuwachses an der Basis bei Abnahme des Gesamtzuwachses zu erklären, jene Fälle, wo der Zu-

Tab. 31.

Flächenzuwachs in verschiedener Stammhöhe bei Fraſsbeschädigung durch die Nonne.

Kiefer Nr.	Scheibe	Höhe m	1. Flächenzuwachs qcm 1875	1876	1877	1878	2. Flächenzuwachs in % der Summe 1875	1876	1877	1878	3. Flächenzuwachs in % des Jahres 1875: 1876	1877	1878
2	I	0,2	8,06	6,48	6,43	9,11	23	20	25	22	80	80	113
Im Fraſsjahre	II	1,3	6,20	4,76	4,78	7,51	18	15	18	19	77	77	121
(1876)	III	3,4	5,59	5,14	4,20	6,46	16	16	16	16	93	75	116
Höhe	IV	5,5	6,12	5,68	4,18	6,74	17	18	16	17	93	68	110
12,15 m	V	7,6	5,50	5,68	3,84	6,30	16	18	15	15	103	70	115
	VI	9,7	3,25	4,05	2,31	3,88	9	12	9	10	125	71	119
	VII	11,8	0,49	0,42	0,33	0,63	1	1	1	1	86	67	129
		Summe	35,21	32,21	26,07	40,63							
1	I	0,2	8,53	8,24	4,60	9,77	23	20	23	22	97	54	115
Im Fraſsjahre	II	1,3	7,87	7,40	3,92	7,05	21	19	20	16	94	50	90
(1876)	III	3,4	6,41	6,33	2,61	5,79	17	16	13	13	99	41	90
Höhe	IV	5,5	6,44	7,56	3,23	7,53	17	19	17	17	117	50	117
11,95 m	V	7,6	4,58	6,34	2,67	7,77	13	16	14	18	138	58	170
	VI	9,7	3,11	3,57	1,88	5,56	8	9	10	12	115	61	179
	VII	11,8	0,16	0,23	0,64	1,09	0	1	3	2	144	400	681
		Summe	37,10	39,67	19,55	44,56							
11	I	0,2	12,35	7,19	4,95	11,53	32	28	35	31	58	40	93
Im Fraſsjahre	II	1,3	7,27	4,34	2,35	7,09	19	17	17	19	60	32	98
(1876)	III	5,5	7,75	5,42	1,91	5,23	20	21	14	14	70	25	68
Höhe 15,0 m	IV	9,7	10,02	7,30	3,81	10,26	26	29	27	28	73	38	102
	V	13,9	1,49	1.31	0,92	2,70	4	5	6	7	88	62	181
	VI	15,0	—	0,09	0,11	0,15	—	0	1	0	—	—	—
		Summe	38,88	25,65	14,05	36,96							

Tab. 32.

Flächenzuwachs in verschiedener Stammhöhe bei Frafsbeschädigung durch die Nonne.

Kiefer	Scheibe	Höhe	1. Flächenzuwachs qcm				2. Flächenzuwachs in % der Summe				3. Flächenzuwachs in % des Jahres 1875		
Nr.		m	1875	**1876**	1877	1878	1875	**1876**	1877	1878	1876	1877	1878
7	I	0,2	4,28	4,31	0,86	6,44	20	21	22	20	101	20	150
Im Frafsjahre	II	1,3	4,13	3,50	0,13	5,67	19	17	3	17	85	3	137
(1876)	III	3,4	4,13	4,27	0,17	5,08	19	21	5	15	103	4	123
Höhe	IV	5,5	4,68	4,25	0,79	7,55	22	21	21	23	91	17	161
10,1 m	V	7.6	3,36	3,26	0,76	6,08	16	16	20	18	97	23	181
	VI	9,7	0,60	0,67	1,12	2,07	3	3	29	6	112	187	345
		Summe	21,18	20,56	3,53	32,89							
9	I	0,2	2,22	1,46	0,24	1,37	27	21	31	16	66	11	62
Im Frafsjahre	II	1,3	1,42	1,17	0	0,89	17	17	0	10	82	0	63
(1876)	III	3,4	1,69	1,55	0	1,46	19	22	0	17	97	0	86
Höhe	IV	5,5	1,60	1,38	0,08	1,85	19	20	11	21	87	5	116
9,10 m	V	7,6	1,40	1,35	0,44	3,11	17	20	58	36	96	31	222
		Summe	8,24	6,91	0,76	8,68							
			1891	**1892**	1893	1894	1891	**1892**	1893	1894	1892	1893	1894
12	I	0,3	1,93	0,10	0	0	18	9	0	0	5	0	0
Im Frafsjahre	II	1,3	1,24	0,08	0	0	12	7	0	0	6	0	0
(1892)	III	5,5	1,36	0,07	0	0	13	6	0	0	5	0	0
Höhe	IV	9,7	3,16	0,51	0,03	0,31	29	44	33	47	16	1	10
13,0 m	V	10,9	3,01	0,39	0,06	0,35	28	34	67	53	13	2	12
		Summe	10,70	1,15	0.09	0,66							

Tab. 33. Flächenzuwachs in verschiedener Stammhöhe

Kiefer Nr.	Scheibe	Höhe m	1. Flächenzuwachs qcm 1874	1875	**1876**	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884
6 Im Frafsjahre 1876 Höhe 10,2 m	I	0,2	9,95	10,83	5,97	0,28	1,30	4,31	6,95	8,31	10,76	12,29	15,39
	II	1,3	7,12	8,44	4,76	0,13	0,96	4,10	5,54	6,22	8,06	7,62	10,27
	III	3,4	7,84	8,82	4,95	0	1,02	4,24	5,85	5,99	7,40	6,93	9,44
	IV	5,5	8,26	9,26	6,09	0,13	3,22	6,88	8,90	6,89	7,95	5,28	8,82
	V	7,6	6,49	7,37	5,55	0,47	6,31	7,53	7,14	5,83	6,67	5,08	8,60
	VI	9,7	1,23	2,17	1,67	0,70	3,16	2,98	3,36	2,57	3,49	3,61	6,38
Summe			40,89	46,89	28,99	1,71	15,97	30,04	37,74	35,81	44,33	40,81	58,90
4 Im Frafsjahre 1876 Höhe 10,3 m	I	0,2	2,23	2,97	2,51	0	0,15	0,31	0,34	1,00	1,61	1,89	3,78
	II	1,3	1,65	1,64	1,72	0	0,12	0,16	0,43	0,59	1,13	1,19	2,29
	III	3,4	1,19	1,23	1,16	0	0	0,05	0,43	0,64	1,04	1,14	1,98
	IV	5,5	1,13	1,19	1,02	0	0,09	0,23	0,42	0,87	1,17	0,89	1,54
	V	7,6	1,58	1,68	1,55	0	0,30	0,48	0,72	1,05	1,88	1,40	2,00
	VI	9,7	0,26	0,47	0,38	0,15	0,51	0,35	0,41	0,67	1,33	1,15	2,10
Summe			8,04	9,18	8,34	0,15	1,17	1,58	2,75	4,82	8,16	7,66	13,69

Tab. 34. Flächenzuwachs in verschiedener Stammhöhe

Kiefer Nr.	Scheibe	Höhe m	1. Flächenzuwachs qcm 1874	1875	**1876**	1877	1878	1879	1880	1881	1882
14	I	0,3	17,73	16,14	13,27	8,28	12,36	12,91	11,84	12,81	15,90
	II	1,3	13,88	13,10	11,21	7,80	9.32	9.79	9,53	9,27	12,76
	III	3,4	10,73	10,59	9,77	5,93	6,98	8,74	9,19	8,61	12,22
	IV	5,5	9,41	9,25	9,39	6,02	6,72	8,09	8,85	8,30	11,79
	V	7,8	9,93	9,54	10.30	5,97	6,04	8,56	8,37	8,48	11,16
	VI	9,9	8,41	8,34	9,81	6,05	6,40	9,22	9,41	8,45	11.49
	VII	11,9	7,81	9,10	9,62	7,04	7,88	10,65	10,26	8,81	11,81
	VIII	14,3	6,72	7,75	9,98	7,58	11,38	13,30	11,06	10,90	13,17
	IX	16,2	1,01	1,56	2,22	2,40	5,19	5,57	5,59	4,81	7,79
Summe			85,63	85,37	85,57	57,07	72,27	86,83	84,10	80,44	108,09
15	I	0,3	4,91	4,92	3,45	0,92	0,82	1,18	1,34	1,55	2,64
	II	1,3	3,76	3,35	2,79	0	0	0,69	0,83	0,83	1,16
	III	3,4	3,83	4,00	3,08	0,09	0	0,69	1,16	1,30	1,65
	IV	5,5	3,12	3,11	3,28	0,12	0	0,80	1,44	1,45	2,06
	V	7,6	3,70	2,91	2,82	0,28	0,04	0,78	1,61	1,62	2,48
	VI	9,7	2,32	2,01	2,70	0,15	0,06	0,73	1,56	1,74	2,42
	VII	11,8	1,79	1,54	2,26	0,26	0,10	1,24	2,21	1,98	2,57
	VIII	13,9	1,89	2,69	2,76	0,61	0,73	2,57	3,18	1,97	2,51
	IX	15,5	1,11	1,75	2,01	0,47	2,01	3,69	3,00	1,97	2,81
Summe			26,43	26,28	25,15	2,90	3,76	12,57	16,33	14,41	20,30

bei Fraſsbeschädigung durch die Nonne.

2. Flächenzuwachs in Prozent der Summe											3. Flächenzuwachs in Prozent des Zuwachses von 1875								
1874	1875	**1876**	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	**1876**	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884
24	23	21	16	8	14	18	23	24	30	26	55	3	12	40	64	77	99	114	142
18	18	16	8	6	14	15	18	18	19	17	56	2	11	49	66	74	95	90	122
19	19	17	0	7	14	15	17	17	17	16	56	0	12	48	66	68	84	79	107
20	20	21	8	20	23	24	19	18	13	15	66	1	35	74	96	74	86	57	95
16	16	19	27	40	25	19	16	15	12	15	75	6	86	102	97	79	91	69	117
3	4	6	41	20	10	9	7	8	9	11	77	33	146	137	155	118	161	166	294
28	32	30	0	13	20	12	21	20	25	28	85	0	5	11	12	34	54	64	127
20	18	21	0	10	10	16	12	14	15	17	105	0	7	10	26	36	69	73	140
15	14	14	0	0	3	16	13	13	15	14	94	0	0	4	35	52	85	93	161
14	13	12	0	8	15	15	18	14	12	11	86	0	8	19	35	73	98	75	129
20	18	19	0	26	30	26	22	23	18	15	92	0	18	29	43	63	112	83	119
3	5	4	100	43	22	15	14	16	15	15	81	32	109	74	87	143	283	245	427

bei Fraſsbeschädigung durch die Nonne.

2. Flächenzuwachs in Prozent der Summe									3. Flächenzuwachs in Prozent des Zuwachses von 1875						
1874	1875	**1876**	1877	1878	1879	1880	1881	1882	**1876**	1877	1878	1879	1880	1881	1882
21	19	16	15	17	15	14	16	15	82	51	77	80	74	80	99
16	15	13	14	13	11	11	12	12	86	60	71	75	73	71	97
12	12	11	10	10	10	11	11	11	92	56	66	82	87	81	115
11	11	11	11	9	9	11	10	11	102	65	73	88	96	90	127
12	11	12	10	8	10	10	10	10	108	63	63	90	88	89	117
10	10	11	11	9	11	11	10	11	118	73	77	111	113	101	138
9	11	11	12	11	12	12	11	11	106	77	87	117	113	97	130
8	9	12	13	16	15	13	14	12	129	98	147	172	143	141	170
1	2	3	4	7	7	7	6	7	142	154	333	357	357	308	499
19	19	14	32	22	10	8	11	13	70	19	17	24	27	32	54
14	13	11	0	0	6	5	6	6	83	0	0	21	25	25	35
15	15	12	3	0	6	7	9	8	77	2	0	17	29	33	41
12	12	13	4	0	6	9	10	10	106	4	0	26	46	47	66
14	11	11	10	1	6	10	11	12	97	10	2	27	55	56	85
9	8	11	5	2	6	10	12	12	135	8	3	36	78	87	120
6	6	9	9	3	10	14	14	13	147	17	6	81	144	129	167
7	10	11	21	19	21	19	14	12	103	23	27	96	118	73	93
4	7	8	16	53	29	18	14	14	115	27	115	211	171	113	161

wachs im Frafsjahre gleich ist oder steigt, widersprechen aber dieser Erklärung.

Ebensowenig befriedigt die weitere Anschauung Hartigs, dafs im Frafsjahre der gesamte Zuwachs des Hauptschaftes aus der Verwendung der Reservestoffe stamme und die Assimilationsprodukte des Frafsjahres gröfstenteils nur im oberen Baumteile Verwendung finde und der Zuwachs deshalb im oberen Stammteile gröfser sei. Im Jahre vor dem Frafse (1875) würde die Verteilung des Zuwachses durch die Reservestoffe aus dem Jahre 1874 und die Assimilationsprodukte aus dem Jahre 1875 bestimmt werden. Da im Jahre 1875 noch kein Frafs stattgefunden hatte, würden im Jahre 1876 die Reservestoffe in gleicher Weise auf die Zuwachsverteilung wirken, die Menge der Assimilate, welche den Zuwachs der oberen Stammteile besonders zu gute kommen sollen, wären aber infolge des Frafses, wenigstens bei den Kiefern mit vermindertem Gesamtzuwachs, geringer. Die Folge davon müfste sein, dafs der Zuwachs in den unteren Stammteilen weniger vermindert wäre als oben, was jedoch den Thatsachen direkt widerspricht.

Nach meiner Ansicht ist es falsch, bei der Frafsbeschädigung und ebenso bei der Aufästung oder willkürlichen Entnadelung nur die Verminderung der Assimilation ins Auge zu fassen. Durch die Lichtung der Krone bei diesen Vorgängen wird auch die dem Winde dargebotene Fläche eine andere, wodurch zugleich die mechanischen Ansprüche eine Veränderung erfahren. Durch den Frafs werden die unteren Äste stärker beschädigt als die oberen, entsprechend ihrer Entnadelung wird der den Wind auffangende Kronenteil weniger tief herabgehen, und wenn wir uns den Angriff des Windes in einem Punkte konzentriert denken, wird dieser Punkt nach dem Frafse ebenso wie nach der Aufästung höher zu liegen kommen. Es ist auch nicht ausgeschlossen, dafs aufserdem durch die Lichtung der Krone bei dem Frafs sich Veränderungen in der mechanischen Beanspruchung geltend machen, welche eine andere Verteilung des Zuwachses herbeiführen. Bei durchlöchertem Segel wird der Wind das Schiff weniger stark vorwärts treiben und ebenso wird der Stamm weniger stark gebogen werden, sobald die Dichtigkeit der Krone durch den Frafs vermindert ist. Die Dicke des Stammes entspricht vor dem Frafse den mechanischen Anforderungen bei tiefer angesetzter und dichterer Krone, nach dem Frafse besitzen, wie Metzger[1]) für die Grünästung gezeigt hat, die unteren Stammteile ein Übermafs von Biegungsfestigkeit, weshalb das Dickenwachstum in den oberen Stammteilen begünstigt, der Schaft vollholziger wird. Bei dieser Auffassung bietet es keine Schwierigkeiten, auch die Vermehrung des Zuwachses in den oberen Stammteilen bei gleichzeitiger Abnahme in den unteren Stammteilen zu erklären.

Bei den Kiefern mit geringerem Wachstum, Nr. 7, 9, 12 (Tab. 32),

---

[1]) Metzger, Der Wind als mafsgebender Faktor für das Wachstum der Bäume. Mündener Forstliche Hefte, 3. Heft 1893, S. 61.

4 (Tab. 33), 15 (Tab. 34) tritt im Fraſsjahre keine so regelmäſsige und deutliche Verschiebung des Wachstums ein, als bei den obengenannten Stämmen mit guter Krone, wenn dieselbe auch bei den Stämmen 12 und 15 zu erkennen ist. Wenn hier die Prozentzahlen der Spalte 3 für das Fraſsjahr keine so regelmäſsige Zunahme von unten nach oben aufweisen, so mag dies zum Teil seinen Grund in den niedrigen Werten des Flächenzuwachses vor dem Fraſse haben, indem schon geringe Abweichungen dieser Vergleichszahlen den Prozentsatz des Flächenzuwachses im Fraſsjahre alterieren (Spalte 3). Jedoch abgesehen davon ist das Verhalten dieser Stämme erklärlich, sie standen mehr oder weniger unter dem Schutze anderer Stämme und boten schon vor dem Fraſse dem Winde eine relativ geringe Angriffsfläche dar. Sie hatten eine hochangesetzte Krone und damit im Zusammenhang einen vollholzigeren Stamm. Durch den Fraſs wurde nun ihre Krone zwar auch gelichtet, die Differenz war jedoch im allgemeinen nicht so bedeutend als bei den mit weit ausliegenden Ästen und einer dichten Krone versehenen Kiefern. Durch den Fraſs wurden die mechanischen Ansprüche relativ nicht so stark verändert und dies ist der Grund, weshalb die ausgesprochene Verschiebung des Wachstums, wie wir sie bei der ersten Gruppe von Kiefern kennen gelernt haben, hier weniger oder gar nicht hervortritt. Naturgemäſs müssen sich je nach der Stellung und der Beschädigung des einzelnen Baumes Unterschiede ergeben, was auch bei den genannten Kiefern zum Ausdruck kommt. Nach den Hartigschen Auschauungen müſsten sich bei diesen schlechter ernährten Kiefern die Unterschiede zwischen den oberen und unteren Scheiben besonders scharf geltend machen, was nicht der Fall ist.

Im ersten Jahre nach dem Fraſs sind Reservestoffe sicher in geringerer Menge vorhanden, es müſste demnach, wenn die lokale Zufuhr von Assimilaten für die Verteilung des Wachstums ausschlaggebend wäre, der Einfluſs der Assimilate sich im Nachjahre besonders deutlich geltend machen und das Dickenwachstum in der Richtung von der Spitze nach der Basis abnehmend an der Stammbasis immer ein Minimum erreichen. Die zu beobachtenden Gröſsen des Flächenzuwachses stimmen mit dieser Forderung nicht überein.

Bei der am wenigsten stark befressenen Kiefer 2 (Tab. 31) findet sich im ersten Nachjahre (1877) beinahe dieselbe Verteilung (vergl. Spalte 2) des Zuwachses als vor dem Fraſse, die unteren Scheiben zeigen eine geringe Verstärkung des Wachstums. Die letztere tritt deutlicher hervor, wenn man den Zuwachs von 1877 in Prozenten von 1876 ausdrückt. Man erhält dann für die Scheiben I—VII 99, 100, 82, 74, 68, 57 und 79% des Zuwachses von 1876. Bei dieser relativ geringen Fraſsbeschädigung wird demnach die vor dem Fraſse bestehende Stammform wieder hergestellt, entsprechend der bei schwächerer Beschädigung leichter möglichen Rekonstruktion der früheren Kronenform und der Wiederherstellung der früheren mechanischen Beanspruchung.

Die ebenfalls mit guter Krone versehenen Kiefern 1 und 11 (Tab. 31)

haben, wie man an dem stärkeren Zurückgehen des Flächenwachstums im 1. Nachjahre ersieht, durch den Frafs etwas mehr gelitten. Im Vergleich zu der Verteilung des Zuwachses vor dem Frafse geht das Wachstum des 1. Nachjahres nicht an der Stammbasis, sondern an einer der darüber liegenden Scheiben am stärksten zurück. Dieselbe Erscheinung tritt sehr deutlich an den geringeren Kiefern Nr. 7 und 9 hervor. Bei Kiefer 7 ist der Flächenzuwachs von 1877 an der Scheibe I etwas gröfser als an den Scheiben IV und V, während die Scheiben II und III nur einen sehr geringen Zuwachs aufweisen (Tab. 32).

Für dieselbe Kiefer habe ich in Tab. 35 die Ringbreite in vier Richtungen der Scheibe angegeben. Die Ringbreite giebt bei verschiedenem

Tab. 35. **Kiefer 7,** Jahresringbreite (mm).

Scheibe	Richtung	1875	**1876**	1877	1878	Scheibe	Richtung	1875	**1876**	1877	1878
I 0,2 m hoch	Nord	1,41	1,25	0,24	1,73	IV 5,5 m hoch	Nord	2,91	2,21	0,34	3,63
	Ost	1,30	1,04	0,14	1,42		Ost	2,38	1,84	0,53	3,04
	Süd	1,07	1,33	0,24	1,65		Süd	1,52	1,68	0,30	3,15
	West	1,17	1,28	0,34	2,27		West	2,00	1,84	0,19	2,56
II 1,3 m hoch	Nord	1,36	1,15	0	1,31	V 7,6 m hoch	Nord	2,40	2,04	0,60	3,76
	Ost	1,70	1,12	0,18	1,76		Ost	2,68	2,36	0,50	3,40
	Süd	1,39	1,07	0	2,29		Süd	2,40	2,32	0,52	3,68
	West	1,07	1,20	0	1,79		West	2,24	1,84	0,28	3,20
III 3,4 m hoch	Nord	1,95	1,55	0	1,33	VI 9,7 m hoch	Nord	1,80	1,68	2,00	3,00
	Ost	1,47	1,44	0,18	1,87		Ost	1,96	1,80	2,12	2,80
	Süd	1,28	1,55	0,06	1,84		Süd	1,92	1,44	2,20	3,00
	West	1,39	1,52	0	1,92		West	1,84	1,40	2,00	3,04

Stammdurchmesser kein genügendes Bild der in den einzelnen Stammhöhen verwendeten Nahrungsstoffe, hierzu ist die Angabe des Flächenzuwachses geeigneter. Ich führe die Ringbreiten jedoch an, um zu zeigen, dafs der Zuwachs bei den Scheiben II und III teilweise aussetzt, während an der untersten Scheibe der Ring von 1877 vollständig ist. Da der Flächenzuwachs der Scheibe I den der Scheiben IV und V nicht wesentlich übersteigt, ist die Ringbreite bei I natürlich kleiner, doch bleiben 1877 die schmalsten Stellen der oberen Scheiben hinter den breitesten Stellen der untersten Scheibe zurück. Nur an der 0,40 m unter der Stammspitze liegenden Scheibe VI ist die Ringbreite beträchtlich gröfser, nach einer Abnahme im Frafsjahre zeigt sich hier im 1. Nachjahre schon wieder eine deutliche Steigerung.

Bei der Kiefer 9 (Tab. 32) fehlt 1877 der Zuwachs an den Scheiben II und III vollständig, an den Scheiben I und IV nur in einer Richtung, während bei V der Ring nicht unterbrochen ist. Analog verhält sich Kiefer 15 (Tab. 34), an welcher 1877 der Jahresring bei Scheibe II, 1878 bei den Scheiben II bis IV vollständig aussetzt. Trotzdem findet sich an

Scheibe I ein Flächenzuwachs, der gröfser ist als bei Scheibe VIII. Erst bei den sehr stark beschädigten Kiefern 4 (Tab. 33) und 12 (Tab. 32) fehlt der Zuwachs bis zur Basis vollständig, bei gleichzeitiger sehr starker Verminderung des Zuwachses in den obersten Scheiben der Krone.

Wie wir später sehen werden, hat der Stamm der Kiefer an der Basis nicht mehr die Form eines Trägers von gleichem Widerstande, derselbe ist hier stärker gebaut, eine Erscheinung, die ich mit dem gröfseren Druck, welcher das ganze Sprofssystem ausübt, in Zusammenhang gebracht habe. Diese Verstärkung der Stammbasis ist unter normalen Verhältnissen immer zu finden und kommt auch bei den Frafsbeschädigungen zur Geltung, sobald die Entnadelung und der Mangel an Nahrungsstoffen nicht zu weit geht. Der als Reiz wirkende Druck erhöht die Wachstumsenergie und diese bestimmt, an welchen Stammteilen die Verwendung der Nahrungsstoffe stattfindet. Eine solche Regulation hat natürlich eine Grenze, bei weitgehenden Hungerzuständen können die jüngsten Pflanzenteile derartig anziehend auf die Nahrungsstoffe wirken, dafs eine Auswanderung der letzteren überhaupt nicht stattfindet. Eine derartige Entziehung von Nahrungsstoffen bei Hungerzuständen ist eine im Pflanzenreich vielfach verbreitete Erscheinung. Lassen wir z. B. Samen in destilliertem Wasser keimen, und tritt ein Mangel an mineralischen Bestandteilen ein, so werden den früher gebildeten d. h. älteren Blättern die wenigen aus dem Samen stammenden Aschenbestandteile durch die noch eine Zeitlang wachsenden jüngsten Pflanzenteile entzogen, die älteren Blätter daher vorzeitig zum Absterben gebracht. Bei einer Kartoffel, die ohne Wasseraufnahme von aufsen neue Triebe entwickelt, wird das Wasser, welches ebenfalls als Nahrungsstoff anzusehen ist, den älteren Teilen durch die embryonalen Gewebe entzogen.

Bei der Verteilung des Zuwachses bleiben nach dem Frafse, auch wenn die Nahrungsstoffe stark vermindert sind, die durch die mechanische Beanspruchung herbeigeführten Reizwirkungen wirksam, und erst wenn weitgehende Hungerzustände eintreten, kann sich eventuell die Nahrungsstoffe stärker anziehende Kraft der jüngsten Pflanzenteile geltend machen. Die letztere kann die Verwendung der Nahrungsstoffe in den oberen Stammteilen, welche auch der mechanischen Beanspruchung entspricht, unterstützen, bei weitgehenden Hungerzuständen kann aber auch die Regulation des Wachstums nach der mechanischen Beanspruchung eine unvollständige werden.

Um das stärkere Wachstum der untersten Scheibe zu erklären, müfste man nach den von Hartig vertretenen Anschauungen notwendig zu anderen Hilfshypothesen greifen. Von einem Anstauen der Nahrungsstoffe vor dem Eintritt in der Wurzel und der hiermit verbundenen Wachstumssteigerung kann man hier gewifs nicht reden, wenn das Wachstum an den darüber liegenden Scheiben unterbleibt. Es käme daher hauptsächlich die Ernährung der Stammbasis durch andere Kiefern mittelst Wurzelverwachsungen in Betracht.

Die von mir angeführten Kiefern zeigen, dafs das Verschwinden des

Zuwachses an der Stammbasis von der Stärke der Frafsbeschädigung abhängt. Kiefer 12, im Jahre 1892 befressen, war zur Zeit der Fällung (1896) im Begriffe abzusterben, Kiefer 4 hat erst 6 Jahre nach dem Frafs den vor dem Frafse bestehenden Flächenzuwachs erreicht. Diese beiden Kiefern, welchen der Zuwachs an der Stammbasis fehlte, waren demnach sicher die am meisten beschädigten, während die weniger beschädigten Kiefern an der untersten Scheibe noch Wachstum zeigten. Der Zuwachs der untersten Scheiben ist demnach nur auf die Nahrungsstoffzufuhr von der eigenen Pflanze angewiesen, denn bei Zufuhr durch die Wurzeln anderer Pflanzen müfste die Begünstigung des Wachstums an der Basis auch nach dem Frafse andauern. Kiefer 12 und 4 zeigten vor dem Frafse die Steigerung des Flächenzuwachses an der Basis. Bei Nr. 4 hebt sich das Wachstum nach dem 1. Nachjahre wieder und wir finden daher von dem 2. Nachjahre ab auch die Vergröfserung des Flächenzuwachses an der Stammbasis wieder. Es würde hier die Möglichkeit bestehen, dafs der basale Zuwachs im 1. Nachjahre deshalb verschwindet, weil die ernährenden Nachbarstämme ebenfalls durch Frafs gelitten haben und keine Nahrungsstoffe abgeben konnten. Bei Kiefer 12 fällt dieser Einwand fort, indem dieser Baum bis 1896 am Leben blieb, ohne einen Zuwachs an der Basis aufzuweisen, der nur für den unwahrscheinlichen Fall ausbleiben konnte, dafs alle mit der Kiefer 12 verwachsenen Kiefern zu Grunde gegangen wären.

Abgesehen von den gegen eine Ernährung durch Wurzelverwachsung sprechenden Thatsachen möchte ich noch darauf aufmerksam machen, dafs bei der Kiefer die Wurzelverwachsungen im allgemeinen nicht so häufig sind als z. B. bei der Fichte, was an sich schon gegen eine Bedeutung der Wurzelverwachsungen spricht.

Ein stärkerer Frafs kann auch dauernd eine Verschiebung des Wachstums herbeiführen, obgleich sich eine so starke Begünstigung der oberen Stammquerschnitte wie im Frafsjahre nicht erhält. Aus Spalte 2 der Tabellen 33 und 34 ersehen wir, dafs der Anteil der obersten Scheiben am Gesamtzuwachs nach dem Frafse ein gröfserer ist als vor dem Frafse, der Stamm wird demnach vollholziger. Diese Verschiebung ist unabhängig von der Gröfse des Gesamtzuwachses, denn wir finden dieselbe sowohl bei Steigerung als Verminderung des letzteren. Bei diesen Verschiebungen des Dickenwachstums sind die infolge des Frafses auftretenden Veränderungen der Kronenform und der Höhe des Kronenansatzes (Absterben der unteren Äste) resp. die hiermit verbundenen Veränderung der mechanischen Beanspruchung beteiligt, aufserdem kommen aber noch die Differenzen in Betracht, welche durch das Höhenwachstum des Stammes im Laufe mehrerer Jahre herbeigeführt werden. Die letzteren bewirken ebenfalls eine Veränderung der mechanischen Beanspruchung, welche sich von den Folgen der Frafsbeschädigung nicht trennen läfst.

Aus den in diesem Abschnitt dargestellten Thatsachen folgt demnach, dafs durch die Frafsbeschädigung beträchtliche Schwankungen des Flächenzuwachses hervorgerufen werden, welche die Veränderungen des jährlichen

Zuwachses durch meteorologische Faktoren mehr oder weniger vollständig verdecken können, und zwar machen sich die Folgen des Fraſses nicht nur im Fraſsjahre, sondern in erhöhtem Maſse auch nach dem Fraſse geltend. Für die Ansicht, daſs durch die Zufuhr der Nahrungsstoffe die Verteilung des Flächenzuwachses bestimmt wird, lassen sich jedoch keine Beweise beibringen. Nicht deutlich zu unterscheiden ist der Einfluſs, welchen die veränderte mechanische Beanspruchung und die durch den Jugendzustand eines Pflanzenteils bedingte gröſsere Wachstumsenergie auf die Verteilung des Zuwachses ausübt, doch scheint sich der letztere Einfluſs erst dann geltend zu machen, wenn weitergehende Hungerzustände die Pflanze treffen.

Beschädigung durch den Kiefernspinner (groſse Kiefernraupe) Gastropacha pini L. und den Kiefernspanner Geometra (Fidonia, Bupalus) piniaria L.

Durch die Untersuchungen von Alb. Nilson und R. Hartig ist nachgewiesen, daſs ein stärkerer Spannerfraſs den Zuwachs beträchtlich vermindert.

Bei dem von Alb. Nilson[1]) untersuchten Spannerfraſs der in den Jahren 1889 und 1890 in der schwedischen Provinz Nerike auftrat, war die Ringbreite 1889 nur unwesentlich kleiner als 1888, sie wurde jedoch in den Jahren 1890—92 beträchtlich vermindert; nur die obersten Scheiben der weniger beschädigten Stämme zeigten 1892 wieder ein Ansteigen der Ringbreite. Ebenso wurde das Spätholzprozent in den Jahren 1890—92 stark herabgedrückt. Die 1892 zahlreich abgestorbenen Bäume sind gröſstenteils von Agaricus melleus befallen, der wahrscheinlich als Folgekrankheit auftrat.

R. Hartig[2]) hat den im Nürnberger Reichswalde stattgefundenen Spannerfraſs untersucht, bei welchem 1893 auf einer Fläche von etwa 270 ha völliger Kahlfraſs eintrat. Diese Bestände begrünten sich 1894 wieder, durch weiteren Fraſs 1894 wurden dann und 11000 ha Kiefernwald völlig entnadelt und 5000 ha sehr stark durchlichtet. Nach Hartig tritt die völlige Entnadelung, wenn der Bestand bisher noch unbeschädigt war, nur selten vor Anfang Oktober ein, es kann dann mit Sicherheit darauf gerechnet werden, daſs der Bestand im nächsten Jahre sich in befriedigender Weise wieder begrünt und auch wieder bald erholt, falls er nicht nochmals entnadelt wird. Hartig weist auch auf die Erfahrung hin, daſs in der Regel nach einem Spannerfraſs nur die schwächeren Bäume zu Grunde gehen und zwar mehr noch infolge des nachträglichen Auftretens von Hylesinus u. s. w. als infolge ausbleibender Wiederbegrünung. Ein doppelter Kahlfraſs dagegen hat den Tod des Kiefernbestandes zur Folge, wenn die zweite Entnadelung schon im August vollzogen ist. Wäre der Besatz mit

[1]) Alb. Nilson, Följderna af tallmätarens och röda tallstekelns uppträdande i Nerike under de senare åren. Entomol. Tidskr. Årg. 14. H. I, 1893, S. 62—64.

[2]) R. Hartig, Das Absterben der Kiefer nach Spannerfraſs. Forstlich-naturwiss. Zeitschrift IV. Jahrg. 1895. S. 396 ff.

Raupen im zweiten Jahre dagegen ein so geringer, daſs erst im Oktober wieder volle Entnadelung eintritt, so wäre die Erhaltung eines Bestandes dann zu erwarten, wenn ein sehr milder Winter folgt.

In einer zweiten Abhandlung bespricht R. Hartig[1]) die Einwirkung des Spannerfraſses auf den Zuwachs, dabei wurden jedoch Kiefern untersucht, welche später, zum Teil erst 1895 befressen worden waren. Bei solchen Kiefern, welche 1895 zum erstenmale befressen worden sind und am 15. Oktober ihre Benadelung noch zum gröſsten Teile behalten hatten, war der Jahresring von 1895 normal. Bei spätem Kahlfraſs gelangt das Wachstum an Holz und Safthaut zum Abschlusse, wenn auch in geschwächtem Grade, bei frühzeitigem Eintritt völliger Entnadelung (August) wird der Holzring unvollständig ausgebildet. Wenn ich Hartig recht verstehe, liegt der Unterschied zwischen frühem und spätem Kahlfraſs mehr in der geringeren Ausbildung der Spätholzzone, bei frühem Kahlfraſs mehr in der Breite des Jahresringes, doch sind Hartigs Angaben wenig präzis.

Kiefern, welche im Jahre 1894 erst im Spätherbst völlig entnadelt wurden und im Sommer 1895 wieder mehr oder weniger ergrünten, zeigen 1894 eine gegen 1893 nicht sehr beträchtlich verminderte Ringbreite, dagegen fehlt der Jahresring von 1895 mit Ausnahme der jüngsten Sproſsachsen vollständig. Der Vorrat an Reservestoffen aus dem Jahre 1894 war so geschwächt, daſs die 95er Triebe und Nadeln bald auf sich selbst angewiesen waren und ihre Assimilate zu ihrer eigenen Ausbildung verwendet haben. Nachträglich wurde zwar 1895 ziemlich viel Stärke im Holz und der Rinde abgelagert, diese Nahrungsstoffe haben jedoch 1895 kein Wachstum mehr hervorgerufen.

An den Kiefern, welche 1894 schon im Nachsommer völlig entnadelt waren und deren Kronen völlig abgestorben sind, fehlt der Zuwachs 1895 natürlich vollständig.

Wie wir aus dem Vorstehenden ersehen, kann der Zuwachs durch den Fraſs des Kiefernspanners sehr weitgehend herabgedrückt werden und ebenso wie bei der Nonne findet eine Verminderung der Spätholzbildung statt. Die Beschädigungen durch den Kiefernspanner und den Kiefernspinner, welche mir vorlagen, waren jedoch wesentlich geringer als die von Nilson und Hartig untersuchten und auch geringer als die durch die Nonne hervorgerufenen, es konnte sich dementsprechend nur um die Frage handeln, ob die in den Fraſsjahren eingetretene Verminderungen des Zuwachses die Folge dieser partiellen Entnadelung sind, oder durch meteorologische Faktoren herbeigeführt wurden.

Nach den Angaben von K. Eckstein (Forstliche Zoologie) und B. Altum (Forstzoologie, III. Band) fällt die Flugzeit der Falter des Kiefernspinners in die Mitte des Juli. Die Eier werden im Juli an den

[1]) R. Hartig, Über das Verhalten der vom Spanner entnadelten Kiefern im Sommer des Jahres 1895. Forstl.-naturwiss. Zeitschrift V. Jahrgang 1896, S. 59 ff.

Nadeln und Zweigen der Kiefern abgelegt. Gegen Ende August schlüpfen die kleinen Räupchen aus. Die langsam heranwachsenden Raupen sind bei Eintritt der kalten Witterung halbwüchsig, ungefähr 2—4 cm lang. Sie bleiben bis Ende Oktober, höchstens bis Mitte November auf den Bäumen und überwintern in der Bodendecke. Nach sehr milden Wintern kann das Aufsteigen schon im Februar stattfinden, hauptsächlich geschieht dies jedoch im März, seltener noch Anfang April. Die Verpuppung erfolgt meistens in der zweiten Hälfte des Juni oder auch früher, eventuell schon Mitte April, wobei durch gröfsere Frühlingswärme die ganze nachfolgende Entwickelung verschoben wird.

Wegen des späten Ausschlüpfens der Raupen hat der Herbstfrafs für den Zuwachs desselben Jahres keine Bedeutung. Da die Raupen anfangs noch klein sind und namentlich bei kühler Herbstwitterung geringe Frefslust zeigen, wird auch — keine zu starke Vermehrung der Raupen vorausgesetzt — die Menge der Reservestoffe für das nächste Jahr nicht wesentlich vermindert sein. Zu Beginn der nächsten Vegetationsperiode kann demnach das Dickenwachstum auf Kosten dieser Reservestoffe erfolgen, während nach Beendigung des Frühjahrsfrafses (Mitte Juni) für das Wachstum die Assimilate der weniger beschädigten neuen Triebe zur Verfügung stehen.

Die Zahl der Nadeln wird durch den Frühjahrsfrafs reduziert, wenn daher das Wachstum gegenüber nicht befressenen Beständen keine Verminderung erleidet, wird man annehmen müssen, dafs die Assimilationsenergie der erhalten gebliebenen Nadeln erhöht worden ist.

Die Raupen des Kiefernspanners entstehen je nach der Flugzeit der Falter (Juni) etwas früher oder später, zumeist jedoch Anfang Juli. Die Zeit der Verpuppung in der Streu- und Moosdecke des Bodens schwankt gleichfalls um mehrere Wochen, tritt jedoch wohl kaum vor September ein. Nach Eckstein geht die Raupe erst im November unter die Bodendecke, wo sie noch einige Zeit spindelförmig zusammengezogen liegen bleibt, bevor sie sich verwandelt. Die Überwinterung geschieht als Puppe.

Der Frafs des Kiefernspanners fällt daher hauptsächlich in die Monate Juli bis September d. h. in die Zeit, wenn der Frafs des Spinners aussetzt. Unter Umständen kann jedoch bei starker Vermehrung der Raupen die Entnadelung noch im Oktober vor sich gehen. Wie Hartig gezeigt hat, ist der Frafs um so weniger von Bedeutung für den Zuwachs des Frafsjahres, je später die Entnadelung vor sich geht. Der Zuwachs des Nachjahres könnte jedoch auch dann vermindert werden, wenn im Frafsjahre selbst kein Herabgehen des Zuwachses zu konstatieren ist, indem sowohl die Verminderung der Reservestoffe als der im Nachjahre assimilierenden Nadeln eine Wirkung ausübt. Bei schwacher Entnadelung werden jedoch, wie wir später sehen werden, diese Faktoren ausgeglichen und der Zuwachs läfst keine Veränderungen erkennen.

Der Kiefernspinner ist in unseren Revieren mit zahlreichen Beständen auf trockenem Boden ein häufiger Gast, der sich in gewissen Jahren über ein

grofses Gebiet ausdehnt. Er frifst in den gleichen Beständen eine Reihe von Jahren hindurch und zwar zuerst schwächer, dann stärker, bis er ziemlich plötzlich in seiner Zahl sehr stark zurückgeht und für das Wachstum der Bestände bedeutungslos wird. Einen Anhaltspunkt zur Beurteilung seines Auftretens bieten die jährlich in exponierten Jagen wiederholten Probesammlungen der Raupen, welche nach Eintritt kalter Witterung in der Zeit von Mitte November bis Anfang Dezember unternommen werden. Die hierbei gewonnenen Zahlen entsprechen wohl nicht vollständig der Exaktheit, welche eine wissenschaftliche Untersuchung zu stellen berechtigt ist, immerhin haben sie einen relativen Wert bei dem Vergleich der Raupenmenge in den einzelnen Jahren, da die sich geltend machenden Fehlerquellen in allen Jahren die gleichen sind. Ich nehme daher keinen Anstand, die in den Akten der Oberförstereien Biesenthal und Eberswalde vorliegenden Probesammlungen der Raupen für meine Zwecke zu verwenden. In Tab. 36 ist die Zahl der gefundenen Raupen für die Jahre 1885—1890 zusammengestellt.

Zur Beurteilung des Umfangs der Probesammlungen wurde in Tab. 36 die Zahl der Bäume angegeben, unter welchen ungefähr im Umkreis von einem Meter nach Raupen gesucht wurde. In einzelnen Jagen wurden bei stärkerem Auftreten des Insektes zwei Absuchungen vorgenommen, welche mit I und II bezeichnet sind. Um die Zahl der Raupen besser unter einander vergleichen zu können, wurde die Raupenmenge in der zweiten Spalte auf 100 Stämme angegeben. Zur weiteren Beurteilung der Raupenmenge wurde in der dritten Spalte die gröfste Zahl von Raupen, welche unter seinem Baume gefunden wurde, hinzugefügt. Zum Teil dürften diese Zahlen wie z. B. für das Jahr 1888 in den Jagen 212—214, 179, 247 bis 249 nur geschätzt sein, was aus den abgerundeten Zahlen hervorgeht.

Obgleich nur aus den Jagen 213, 248, 204a, 232 (Oberförsterei Biesenthal) 102 und 3 (Oberförsterei Eberswalde) Stämme entnommen wurden, habe ich zur weiteren Kontrolle auch die westlich und östlich von 213 und 248 liegenden Jagen 212 und 214 resp. 247 und 249 mit in die Tabelle aufgenommen. Jagen 214 grenzt an den Südrand von Jagen 248, Jagen 179 an den Südrand von Jagen 213.

Die Zahl der im November und Dezember gefundenen Spinnerraupen ist mafsgebend für das Dickenwachstum des nächsten Jahres, da, wie schon oben erwähnt, der Herbstfrafs für das Wachstum desselben Jahres ohne Bedeutung ist. Der Kiefernspanner dagegen frifst während der Wachstumsperiode der Kiefer und überwintert als Puppe. Die Zahl der beim Suchen nach den Spinnerraupen gefundenen Spannerpuppen (Tabelle 36 Spalte 4) kann schon für dasselbe Jahr mafsgebend sein, in welchem sie gefunden wurden. Im Juni 1888, dem Hauptfrafsjahre des Spanners, wurde auch die Menge der fliegenden Falter bestimmt, doch sind die hierfür angegebenen Zahlen zu sehr Schätzungswerte.

Bezüglich der Spinnerraupen — dasselbe gilt voraussichtlich auch von den Spannerpuppen — ist noch zu bemerken, dafs die beim Sammeln ge-

Tab. 36

Jagen	Kiefernspinner																		Kiefernspanner					
	Anzahl der abgesuchten Stämme						Raupen pro 100 Stämme						Größte Zahl von Raupen unter 1 Baum						Puppen pro 100 Stämme					
	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1885	1886	1887	1888	1889	1890
212	—	68	35	I 64 II 120	676	83	—	84	1657	I 1661 II 2950	653	4	—	2	35	I 120 II —	35	1	—	29	149	I 39 II 42	0,3	0
213	—	70	35	I 88 II 208	256	125	—	31	749	I 848 II 331	245	4	—	2	30	I 25 II 5	20	1	—	17	69	I 68 II 12	2	0
214	—	240	135	150	216	36	—	82	431	220	108	5	—	2	41	15	5	1	—	43	10	33	1,4	0
179	42	65	—	85	50	16	21	240	—	1281	160	13	1	3	—	85	4	1	12	35	—	67	0	0
247	—	—	176	112	248	46	—	—	409	723	96	30	—	—	26	30?	8	1	—	—	7	5	0	0
248	90	80	150	I 106 II 96	260	58	23	73	787	I 513 II 1752	69	26	1	3	48	I 65 II 95	3	2	6	34	3	I 33 II 46	0	0
249	—	—	180	I 120 II 108	238	45	—	—	511	I 317 II 1152	97	51	—	—	28	I 20 II 80	5	2	—	—	17	I 21 II 28	0	0
204a	10	30	30	20	30	15	0	17	63	60	93	33	0	1	7	3	3	2	—	0	0	5	0	0
232	26	24	39	30	I 30 II 70	20	4	29	77	37	I 396 II 528	15	1	2	6	3	I 15 II 24	1	4	0	203	343	I 3 II 1	0
102	165	120	100	—	60	120	16	23	36	—	17	0	2	3	1	—	1	0	0	0	0	—	0	0
3	100	100	100	100	100	100	21	153	769	194	1335	21	2	9	40	19	84	4	0	4	0	0	0	0

fundene Individuenzahl hinter der Zahl der fressenden Raupen beträchtlich zurückbleibt. Altum hat in einer früheren Publikation die Menge der beim Suchen gefundenen Spinnerraupen als den vierten Teil der fressenden Raupen angegeben. Es dürften hierbei jedoch je nach der Genauigkeit des Einsammelns grofse Verschiedenheiten zu finden sein und die Zahl der schädlichen Raupen häufig mehr als das Vierfache betragen. Ein Urteil konnte ich in zwei Fällen gewinnen, wo nach dem Absuchen am Ende eines Jahres im nächsten Frühjahre gegen den Spinner geleimt wurde. So wurden im Jagen 213 Ende 1889 beim Sammeln 2,45 Spinnerraupen pro Stamm gefunden, während sich bei dem im Februar und März 1890 erfolgten Leimen pro Stamm durchschnittlich 16 Raupen auf den Leimringen vorfanden. Die Zahl der aufbäumenden Raupen betrug demnach das 6,5-fache der beim Sammeln gefundenen Raupen. Ebenso waren in Jagen 3 im Jahre 1889 13,35 Raupen pro Stamm gefunden worden, während im März 1890 auf den Leimringen 70 Raupen pro Stamm zu finden waren, demnach das 5,2fache der beim Sammeln gefundenen Zahl.

Bedenken wir ferner, dafs, wie Ratzeburg angiebt, eine Spinnerraupe ungefähr 1000 Kiefernnadeln zerstört, so geht aus den angeführten Zahlen hervor, dafs die in den Jahren 1887—89 gefundene Raupenmenge (vergl. Tab. 36) sehr wohl im stande war, die Krone der betreffenden Bäume zu lichten und eventuell auch das Wachstum zu schädigen.

Die angeführten Zahlen, ergänzt durch die Berichte der Revierverwalter, geben uns zwar ein Bild von dem Auftreten von Spinner und Spanner, sie sagen uns jedoch nichts über die Beschädigung des einzelnen Baumes. Wir werden deshalb aus den Veränderungen des Wachstums auf die stärkere oder schwächere Beschädigung schliefsen müssen.

Im November 1881 scheint, soweit dies die Berichte erkennen lassen, der Spinner nur in einzelnen Jagen in gröfserer Menge gefunden zu sein. Im Jahre 1882 hat sich derselbe in einzelnen Jagen der Schutzbezirke Heegermühle und Schwärze der Oberförsterei Biesenthal vermehrt, während in den Schutzbezirken Grafenbrück und Eiserbude nur minimale Mengen von Raupen gefunden wurden. So fanden sich im Jagen 232 (Schutzbezirk Grafenbrück) auf 140 abgesuchten Stämmen nur 5 Raupen. Es kann demnach das Herabgehen des Wachstums im Jahre 1883, das wir überall finden, nicht auf den Frafs des Spinners zurückgeführt werden. Da auch keine anderen Insekten in irgendwie nennenswerter Weise an der Kiefer gefunden wurden, mufs die allgemein zu beobachtende Verminderung des Wachstums im Jahre 1883 auf Witterungsverhältnisse zurückgeführt werden.

In den Jahren 1883—85 fanden sich überall nur sehr wenige Raupen, und erst im November 1886 war eine jedoch noch unbedeutende Vermehrung der Spinnerraupen zu konstatieren. Eine epidemische Vermehrung des Spinners liefs sich erst im November 1887 konstatieren, welche demnach für den Zuwachs des Jahres 1888 in Betracht kam. Die Vermehrung traf besonders die Kiefernkomplexe der nördlichen Teile der Schutzbezirke Heegermühle und Schwärze, zu denen auch die Jagen 212—214 179, 247

bis 249 gehören. Die Beschädigung war nicht so bedeutend, daſs von der Regierung Vertilgungsmaſsregeln hätten angeordnet werden müssen.

Nach dem Berichte des Herrn Forstmeister Zeising vom 30. Juni 1888 fand in der Oberförsterei Biesenthal im Juni 1888 ein sehr starker Flug der Falter des Kiefernspanners statt und zwar wurden besonders die jüngeren und älteren Stangenholzkomplexe der 3 nördlichen Jagenreihen in den Schutzbezirken Heegermühle, Schwärze und Grafenbrück östlich der Finow, sowie die Jagen 231—234 des Schutzbezirkes Grafenbrück betroffen. Verhältnismäſsig wenige Schmetterlinge zeigten sich in dem Schutzbezirk Eiserbude und in den mit Buchen gemischten Beständen des Reviers. Zu der letzteren Gruppe gehören die Jagen 204, 237, 264 und 267, aus welchen die Vergleichskiefern ohne Fraſs Nr. 14—19 entnommen wurden. In den vom Spanner befallenen Revierteilen wurde die Zahl der schwärmenden Falter pro 1 Hektar auf $^1/_2$—2 Tausend, stellenweise auf das Doppelte geschätzt. Auffallend groſs war die Zahl der Falter in den Jagen 211, 213, 246 und 247, in den älteren Beständen 214, 215, 248 und 249 waren die Schmetterlinge zwar auch vorhanden, jedoch lange nicht in so groſsen Massen. Im Schutzbezirk Grafenbrück wurden besonders in den Jagen 232—234 viele Schmetterlinge gezählt. Wie aus Tabelle 36 hervorgeht, war im Jagen 232 der Spanner schon im Jahre vorher (1887) in gröſserer Menge aufgetreten. Die im November 1888 in den Jagen 232—234 gefundene gröſsere Anzahl von Spannerpuppen entsprach dem starken Flug der Falter im Sommer.

Bei dem Probesammeln am 29. November und 14. Dezember 1888 ergab sich besonders in den Stangenhölzern der Jagenreihen 210—225 und 246—254 (Schutzbezirk Heegermühle), welche bereits im Vorjahre stark besetzt waren, eine sehr erhebliche Vermehrung der Spinnerraupen. Da die weitaus meisten Spinnerraupen am 14. Dezember 1888 bei weitem nicht die Normalgröſse erreicht hatten, war der Herbstfraſs der Spinnerraupe ganz unwesentlich, während sich zu gleicher Zeit die Spuren des Spannerfraſses deutlich bemerkbar machten. In den Schutzbezirken Grafenbrück und Eiserbude war der Spinner 1888 in viel geringerer Menge aufgetreten (vergl. Tab. 36, Jagen 204, 232).

Im Jahre 1889 hat der Spanner im ganzen Revier Biesenthal sehr stark abgenommen, obgleich im Sommer der Falter noch an einzelnen Stellen beobachtet wurde. In den für uns in Betracht kommenden Jagen hat der Spannerfraſs 1889 keine Bedeutung mehr, was auch aus der geringen Anzahl der im November gefundenen Puppen hervorgeht (Tab. 36), dies gilt auch für das Jagen 232, wo der Spanner in den beiden Vorjahren stark aufgetreten war.

Im Frühjahr 1889 hatte die Spinnerraupe stark gefressen und einzelne Streifen und Partieen der obengenannten Jagen stark beschädigt. Die Probesammlung im November 1889 ergab jedoch eine nicht unerhebliche Verminderung der Raupen. Das stärkste Vorkommen zeigte sich im Schutzbezirk Heegermühle (Jagen 210—213). Die Zahl der Raupen würde auch

in diesen Jagen eine besorgniserregende nicht gewesen sein, wenn diese Bestände nicht durch den Frühjahrsfraſs 1889 schon stark beschädigt gewesen wären. In einzelnen Teilen dieser Bestände hatte der Fraſs eine so starke Lichtung der Krone hervorgerufen, daſs in der Folge eine einigermaſsen erhebliche fernere Beschädigung daselbst vollständigen Kahlfraſs zur Folge haben muſste.

Im Jagen 213 (Kiefer 6—9) war durch den Spanner- und Spinnerfraſs im Jahre 1888 und 1889 durchschnittlich auf 20 ha $^{8}/_{10}$ der Benadelung zerstört, im Innern des Jagens stieg die Entnadelung gruppenweise auf $^{4}/_{10}$ im Süden des Jagens betrug dieselbe überwiegend weniger als $^{1}/_{10}$ der normalen Belaubung.

Im Jagen 248 (Kiefer 1—5) fehlte auf 5 ha durchschnittlich $^{1}/_{10}$ der normalen Benadelung, zur Erhaltung der Bestände wurden in den Jagen 211 bis 215, soweit dieselben bedroht waren, in der Zeit vom 24.—26. Februar und 11.—12. März 1890 an jedem Stamme Leimringe angebracht, welche das Aufsteigen der Raupen verhinderten. Eine Beschädigung durch den Spinner fand 1890 im Jagen 213 daher nicht statt. Die Nonne, welche sich 1890 hier in geringer Menge zeigte, blieb ohne Bedeutung.

Doch auch im Jagen 248, wo 1890 nicht geleimt wurde, verschwand der Spinner, ohne in diesem Jahre Schaden anzurichten. Die Menge der im November 1890 hier gefundenen Raupen ist nur um weniges gröſser als in den geleimten Beständen von 213.

Im Schutzbezirk Grafenbrück (Kiefer 10—12) ist der Spinner November 1889 in relativ gröſserer Menge als in den Vorjahren gefunden worden, da jedoch der Nadelverlust im Jagen 232 nur $^{1}/_{10}$ der normalen Belaubung betrug, die 1889 auftretende Nonne ohne Bedeutung war, waren Vorbeugungsmittel hier nicht erforderlich.

Im Jagen 3 des Schutzbezirkes Schönholz der Oberförsterei Eberswalde (Kiefer 26, 27) hatte das Probesammeln im November 1889 eine starke Vermehrung des Spinners ergeben. Die Benadelung war 1889 durchschnittlich um $^{2}/_{10}$ vermindert, es wurde daher in der Zeit vom 1. bis 3. März 1890 geleimt, so daſs die 1889 sich zeigende Raupenmenge eine weitere Beschädigung nicht hervorrufen konnte.

Nach dem Jahre 1890 hat sich weder der Spinner noch der Spanner in nennenswerter Menge gezeigt.

Um die Wirkung der genannten Fraſsbeschädigung untersuchen zu können, verwendete ich als Vergleichsmaterial die Kiefern 14—19 aus dem Schutzbezirk Eiserbude der Oberförsterei Biesenthal, wo in den betreffenden Jahren weder Spinner noch Spanner irgendwie erhebliche Beschädigungen hervorgerufen hatten. Im Jagen 204 dieses Schutzbezirkes (Kiefer 14 und 15) wurden zwar Probesammlungen angestellt, dieselben ergaben jedoch nur sehr wenig Raupen. In den übrigen Jagen 237e, 264 und 267 war das Auftreten von Spinner und Spanner nicht zu bemerken, Probesammlungen sind daher in diesen Jagen unterblieben. Jagen 267d ist (Kiefer 18) ein isoliert stehen gebliebener Bestandesstreifen an der westlichen an

Wiesen stoſsenden Grenze des Reviers, während die Insekten hauptsächlich im östlichen Teile der Oberförsterei Biesenthal auftraten. Die Jagen 264 (Kiefer 16 und 17) und 237 (Kiefer 19) gehören zu den teilweise mit Buchen gemischten Beständen der westlichen Hälfte des Schutzbezirkes Eiserbude, welche in den Berichten als vom Spinner und Spanner verschont bezeichnet wurden. Wir können an diesen Stämmen feststellen, welche Wachstumsdifferenzen durch die Witterungsverhältnisse bedingt sind. Ferner können wir nichtbefressene und befressene Stämme vergleichend untersuchen, ob Veränderungen, wie sie beim Nonnenfraſse zu finden sind, auch in den Jahren 1887—1889 vorliegen. Wir haben dabei wie bei dem Nonnenfraſs hauptsächlich auf die Veränderungen des Spätholzprozentes und die Gröſse des Flächenzuwachses zu achten.

Zu diesem Zwecke habe ich analog den Tabellen 28—30 die Tabellen 37 und 38 zusammengestellt, welche die Mittelwerte der verschiedenen Stämme für Spätholzprozent und Flächenzuwachs enthalten und auſserdem eine Vergleichung des Flächenzuwachses der Jahre 1887—1890 mit dem Mittel des Flächenzuwachses von 1885 und 1886 gestatten. (S. Tab. 37, 38).

Betrachten wir zunächst die Höhe des Spätholzprozentes als dasjenige Symptom, welches bei dem Nonnenfraſse am leichtesten zu erkennen war.

Unter den vom Fraſse nicht betroffenen Kiefern Nr. 14—19 (Tab. 37) zeigt die Kiefer 18 insofern ein abnormes Verhalten, als die Jahre 1886 und 1889 ein auffallend niedriges Spätholzprozent aufweisen. Eine Erklärung hierfür vermag ich nicht zu geben. Kiefer 18 stand auf einer an eine sumpfige Wiese grenzenden Bodenerhebung und gehörte dem stehengebliebenen Streifen eines Altbestandes an. Möglicherweise hat der verschiedene Grundwasserstand der benachbarten Wiese in einzelnen Jahren zu einem abnormen Wachstum geführt, oder das Spätholzprozent ist durch Abbrechen von Ästen verändert worden, was bei dem freien Stande der Kiefer erklärlich wäre, ebenso gut könnten aber auch andere Faktoren maſsgebend gewesen sein. Eine weitere Abnormität zeigt diese Kiefer, indem dieselbe trotz des Alters von ca. 90 Jahren bis zur Basis herab eine dünne abblätternde helle Borke aufwies. Ich halte mich daher für berechtigt, die Kiefer 18 auszuschlieſsen, und bei dem Vergleich mit den anderen Stämmen das Mittel der übrigen Kiefern zu Grunde zu legen.

An den nicht befressenen Kiefern fanden wir 1886 zumeist ein etwas niedrigeres Spätholzprozent als im Jahre 1885; wenn das Mittel 1886 nur eine geringe Verminderung zeigt, so liegt dies nur in dem etwas höheren Spätholzprozent der Kiefer Nr. 17. Das Jahr 1887 zeigt durchwegs ein niedrigeres Spätholzprozent, was sich auch im Mittel ausspricht. Das Jahr 1888 zeigt zumeist eine geringe Steigerung des Spätholzprozentes, welche 1889 zum Teil noch weiter erhöht wird. Das Jahr 1890 zeigt teils eine Erhöhung, teils eine Verminderung des Spätholzprozentes gegenüber von 1889.

Die analogen Schwankungen im Spätholzprozent der betreffenden

Tab. 37. Vergleichskiefern, 1888 und 1889 ohne Raupenfrafs.

Jagen	Kiefer Nr.	Mittel aus Scheibe	Spätholzprozente 1885	1886	1887	1888	1889	1890	Flächenzuwachs qcm 1885	1886	1887	1888	1889	1890	Flächenzuwachs Mittel 1885/86	in $^0/_0$ des Mittels von 1885/86 1887	1888	1889	1890
204a	14	I—IX	39	35	32	36	45	41	11,93	9,88	9,57	8,88	7,47	10,05	10,91	88	81	69	92
„	15	I—IX	35	34	29	27	26	30	2,62	2,30	1,92	1,59	0,96	1,33	2,46	78	65	39	54
264a	16	I—VII	27	26	20	24	28	31	9,24	7,59	7,53	7,08	5,09	6,27	8,42	89	84	60	74
„	17	I—VIII	44	51	35	38	45	44	3,21	2,91	2,97	2,64	2,28	3,17	3,06	97	86	75	104
237e	19	II, III, V, VI	34	29	21	24	24	38	6,29	4,79	4,17	3,51	2,87	5,24	5,54	75	63	52	95
267d	18	I—X	28	19	28	25	12	28	10,21	8,65	5,17	6,31	4,36	7,18	9.43	55	67	46	76
		Mittel	35	32	28	29	30	35	7,25	6,02	5,22	5,00	3,84	5,54		80	74	57	83
Mittel ohne Nr. 18			36	35	27	30	34	37	6,66	5,49	5,23	4,74	3,72	5,21		85	76	59	84
264a	Buche								2,71	3,53	3,32	3,24	2,32	4,68	3,12	106	104	74	150
237e	Buche								4,27	4,35	4,35	4,00	2,93	4,34	4,31	101	93	68	101
267d	Buche								9,37	10,32	9,41	10,73	9,06	20,78	9,85	96	109	92	211
267d	Birke								5,05	3,60	6,71	3,80	1,61	3,50	4,33	155	88	37	81

Tab. 38.

Frafs des Spanners und Spinners.

Jagen	Kiefer Nr.	Mittel aus Scheibe	Spätholzprozente						Flächenzuwachs qcm						Flächenzuwachs Mittel	in % des Mittels von 1885/86			
			1885	1886	1887	1888	1889	1890	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1885/86	1887	1888	1889	1890
	1888 Frühjahrsfrafs des Spinners, Sommerfrafs des Spanners; 1889 stärkerer Frühjahrsfrafs des Spinners, Spanner ohne Bedeutung.																		
248	1	I—VI	25	20	19	25	30	29	7,15	6,76	8,61	8,28	6,68	10,36	6,96	124	118	96	149
„	2	I—VI	38	29	28	35	36	42	6,16	4,79	4,33	3,32	3,02	4,33	5,48	79	61	55	79
„	3	I—VI	40	39	32	32	45	43	3,83	2,95	3,00	2,49	2,13	3,46	3,39	89	74	63	102
„	4	I—V	36	30	30	31	44	45	2,06	1,38	1,28	1,31	1,12	1,66	1,72	74	76	65	97
„	5	I—IV	25	21	18	20	(25)	16	0,99	0,62	0,54	0,30	0,14	0,32	0,81	67	37	17	40
		Mittel	33	28	25	29	36	35	4,04	3,30	3,55	3,14	2,62	4,03		87	73	59	95
	Frafs wie bei Jagen 248.																		
213	6	I—V	29	27	23	20	27	36	8,79	6,43	5,48	4,08	3,44	5,13	7,61	72	54	45	67
„	7	I—V	34	30	26	28	29	39	5,43	4,16	4,22	2,60	2,21	3,78	4,80	88	54	46	79
„	8	I—V	35	32	32	31	33	44	4,83	3,48	3,73	2,69	2,49	3,96	4,16	90	65	60	95
„	9	I—V	41	38	32	34	40	48	1,50	1,17	1,43	1,20	1,16	1,96	1,34	107	90	87	146
		Mittel	35	32	28	28	32	42	5,11	3,81	3,72	2,64	2,43	3,71		89	66	60	97
	1887 Sommerfrafs des Spanners; 1888 vermehrter Frafs des Spanners im Sommer; Spinnerfrafs unbedeutend. Der Spinner bewirkt erst 1890 zusammen mit der allerdings noch schwach auftretenden Nonne eine geringe Beschädigung.																		
232	10	I, II, IV, V	37	32	25	28	44	35	9,50	7,97	7,58	6,71	6,59	9,38	8,73	87	77	75	107
„	11	I—V	30	26	23	20	30	29	6,96	4,56	4,60	3,39	2,51	3,15	5,76	80	59	44	55
„	12	I—IV	34	29	23	29	41	36	4,75	4,06	4,06	4,15	2,69	2,75	4,41	92	94	61	62
		Mittel	34	29	24	26	38	33	7,07	5,53	5,41	4,75	3,93	5,09		86	77	60	75
	1888 stärkerer Frühjahrsfrafs des Spinners; 1889 Beschädigung geringer; Spanner fehlt.																		
3	26	I—III	32	34	27	30	40	38	38,52	31,35	25,67	23,83	17,77	26,24	34,94	74	68	51	75
„	27	I—III	33	32	29	29	35	40	28,56	22,61	24,17	19,83	16,73	26,75	25,59	94	78	65	104
		Mittel	33	33	28	30	38	39	33,54	26,98	24,92	21,83	17,25	26,50		84	73	58	90

Jahre finden wir, abgesehen von kleinen Differenzen, auch bei jenen Beständen, in welchen Raupenfrafs stattgefunden hatte. An den in Tabelle 38 angeführten Kiefern ist das Spätholzprozent 1885 etwas gröfser als 1886 und geht 1887 noch weiter zurück. Im Jahre 1888 überwiegt ebenso wie bei den nicht verletzten Kiefern eine geringe Erhöhung des Spätholzprozentes, hier wie dort finden sich jedoch auch Stämme mit etwas niedrigerem Spätholzprozent. Diese Abweichungen sind im ganzen unbedeutend und bewegen sich innerhalb jener Grenzen, welche auch sonst an den nicht verletzten Kiefern vorkommen. Die Entnadelungen, welche im Jahre 1888 stattfanden, haben dementsprechend die Spätholzmenge nicht in einer für uns erkennbaren Weise herabgedrückt, wie dies bei dem Nonnenfrafse auch dann eintrat, als der Flächenzuwachs noch keine Verminderung aufwies.

Das Jahr 1889 weist bei den beschädigten Stämmen durchwegs eine Erhöhung des Spätholzprozentes auf, die bei einem Teil der Kiefern 1890 noch weiter geht. Man könnte hier vielleicht an die bei dem Nonnenfrafs auftretende Vermehrung der Spätholzmenge im Nachjahre denken, das Jahr 1889 hat aber auch sonst in der Regel ein auffallend hohes Spätholzprozent, wovon nur Stämme mit sehr schmalen Ringen wie z. B. Kiefer 15 eine Ausnahme machen können.

Es läfst sich natürlich nicht sagen, ob ohne Frafs bei den Kiefern 2, 7, 8 im Jahre 1889 vielleicht eine etwas stärkere Vermehrung des Spätholzes eingetreten wäre, oder ob bei den übrigen Kiefern die Erhöhung des Spätholzprozentes eine etwas geringere gewesen wäre, eine deutliche Einwirkung des Frafses ist sicherlich nicht vorhanden. Zu demselben Resultate gelangen wir auch, wenn wir bedenken, dafs die Kiefern verschiedener Jagen trotz ungleiches Auftreten von Spinner und Spanner, doch im wesentlichen dieselben Schwankungen in der Spätholzmenge aufweisen. Wir können demnach auch sagen, dafs derartige schwache Beschädigungen, wie sie hier vorlagen, durch welche ungefähr $^1/_{10}$—$^8/_{10}$ der Nadeln beseitigt wurde, auf die Spätholzbildung keinen erkennbaren Einflufs ausübten.

Der Flächenzuwachs nimmt bei den Stämmen ohne Frafs vom Jahre 1885 bis zum Jahre 1889 ab (Tafel VII). Das Jahr 1887 zeigt zumeist nur eine geringe Abnahme gegenüber dem Jahre 1886, während die relativ stärkste Abnahme auf das Jahr 1889 fällt, und 1890 eine nicht unbeträchtliche Steigerung des Zuwachses eintritt.

Bei den von Raupen befallenen Stämmen finden wir denselben Gang des Wachstums, wie bei den unverletzten Stämmen. Nur das Jahr 1887 zeigt hier und da einen etwas gröfseren oder den gleichen Zuwachs als 1886, was übrigens auch an anderen Stämmen, sowie sonst an einzelnen Scheiben vorkommt. Der Flächenzuwachs nimmt bis zum Jahre 1889 ab, das Minimum prägt sich 1889 scharf aus, und ebenso tritt überall 1890 die Steigerung deutlich hervor, wie bei den Vergleichsstämmen. Eine Ausnahme macht in dieser Beziehung Kiefer 12 (Tafel VI), welche, wie schon früher erwähnt, infolge der Nonnenbeschädigung in den folgenden Jahren zu Grunde geht.

Wie die Durchschnittswerte der verschiedenen Stämme der einzelnen Jagen zeigen (Tab. 38, letzte Spalte), ist der Grad der Wachstumsabnahme bis 1889 und der Zunahme im Jahre 1890 ungefähr derselbe. Eine weitergehende Übereinstimmung kann man bei den mannigfaltigen Faktoren, welche das Wachstum beeinflussen, nicht erwarten. Eine Abweichung zeigten nur die Kiefern des Jagens 232, bei der Zunahme im Jahre 1890, die relativ geringer ist als an den Kiefern der übrigen Jagen. Zum Teil erklärt sich diese Abweichung durch das Verhalten der Kiefer 12, zum Teil dürfte dieselbe jedoch darauf zurückzuführen sein, dafs diese Stämme 1890 eine weitere Beschädigung erlitten haben, während in den übrigen Jagen die Insektenkalamität 1890 erloschen war, oder durch das Anbringen von Leimringen unschädlich gemacht war.

Dieselben Erfahrungen wie an den nicht befressenen Kiefern des Schutzbezirkes Eiserbude der Oberförsterei Biesenthal, habe ich auch an Kiefern aus der Oberförsterei Chorin (Jag. 114) gemacht, welche 1888 und 1889 eine auch ohne spezielle Messungen sehr auffallende Verminderung des Zuwachses zeigten. Eine Frafsbeschädigung hatte nach den Angaben des Herrn Forstmeisters Dr. Kienitz in diesem Jahre bestimmt nicht stattgefunden.

Die Beobachtungen des Flächenzuwachses führen uns demnach zu demselben Schlufs als die Betrachtung der Spätholzprozente, dafs eine nicht zu bedeutende Beschädigung, wie sie hier durch das Auftreten des Spinners und Spanners in den Jahren 1887—1889 gegeben war, auf den Gang des Dickenwachstums keinen wesentlichen Einflufs ausgeübt hat. In jenen Fällen, wo es sich um 1890 geleimte Stämme handelte (Kiefer 6—9, 26, 27), mufste die Entnadelung so weit gegangen sein, dafs man bei weiterer Beschädigung für die Erhaltung dieser Bestände fürchtete und trotzdem keine wesentliche Abweichung von dem Wachstumsgang der unbeschädigten Stämme. Ich mufs daher der von R. Hartig und A. Nilson ausgesprochenen Ansicht beipflichten, dafs innerhalb gewisser Grenzen der Nadelverlust durch erhöhte Assimilationsthätigkeit der noch vorhandenen Nadeln ausgeglichen werden kann.

Bei der Nonne haben wir gesehen, dafs eine Beschädigung, welche stark genug war, um das Spätholzprozent bedeutend herabzudrücken, im Frafsjahre nicht immer eine Verminderung des Flächenzuwachses bewirkt, sich jedoch im Nachjahre geltend macht. An den vom Spanner und Spinner befallenen Beständen kann man eine solche Nachwirkung nicht konstatieren. Das Zuwachsminimum des Jahres 1889 ist nicht die Folge des Frafses vom Jahre 1888, da auch die unverletzten Kiefern 1889 ein so ausgesprochenes Minimum aufweisen. Ebensowenig wurde die durch Witterungseinflüsse bewirkte Steigerung des Zuwachses im Jahre 1890 durch eine Nachwirkung des Frafses von 1889 aufgehalten.

Zur weiteren Sicherstellung der Thatsache, dafs das Herabgehen des Wachstums in den Jahren 1887—1889 nicht durch die Insektenbeschädigung herbeigeführt wurde, habe ich aus denselben Jagen, denen die genannten

Kiefernstämme entnommen sind, in unmittelbarer Nähe der letzteren drei Buchen und eine Birke untersucht[1]) (Tab. 37 und Tafel VII). Weder Kiefernspanner noch Kiefernspinner konnten hier das Herabgehen des Wachstums verursacht haben, und da von anderen Ursachen die Beschädigung durch Laubholzinsekten, durch Frost oder die Einwirkung des Samentragens ausgeschlossen waren, so müssen die hier auftretenden Schwankungen durch Witterungsverhältnisse bedingt sein. Allerdings ist von jedem Stamm nur eine Scheibe untersucht worden, die Zahlen sind daher weniger genau als die für die Kiefern angeführten Zahlen, sie reichen jedoch aus, um zu zeigen, dafs bei der Buche zwischen dem Wachstum von 1887 und 1888 geringere Differenzen vorliegen, 1889 ein Minimum eintrat und 1890 sich das Wachstum wieder beträchtlich gehoben hat. Es handelt sich bei den Buchen um jüngere Stämme, bei welchen sich noch die den Jugendstadien eigentümliche Steigerung des Zuwachses geltend macht. Die letztere überwiegt, wo durch die Witterungsverhältnisse nur eine unbeträchtliche Wachstumsverminderung bedingt ist, so z. B. bei dem Zuwachs von 1886 im Vergleich zu 1885. Im Jahre 1889 dagegen zeigen die Buchen trotz ihres jugendlichen Alters einen den sehr ungünstigen Witterungsverhältnissen entsprechenden Abfall der Wachstumskurve (vergl. Tafel VII). Im Jahre 1890 wirken Jugendzustand und günstige Witterungsfaktoren gleichsinnig auf eine beträchtliche Steigerung des Zuwachses hin, welche bei den Buchen 1 und 3 (Tab. 37) zu einer Verdoppelung des Flächenzuwachses führt.

Bei der Birke sind die Differenzen gröfser, auch zeigt 1887 eine starke Zunahme im Vergleich zu 1885 und 1886, welche übrigens auch bei einzelnen Kiefernscheiben zu beobachten ist. Ob bei der Birke die gröfseren Schwankungen im Zuwachs mit dem Alter des Stammes zusammenhängen, oder ob sich hier spezifische Unterschiede geltend machen, ist nicht anzugeben, da ich diese Beziehungen bei der Birke nicht untersucht habe; die beträchtliche Verminderung des Zuwachses im Jahre 1888 und 1889 zeigt uns jedoch, dafs dies Herabgehen auch ohne Frafs eingetreten ist.

Über den Zusammenhang der Wachstumsschwankungen der Kiefer mit den Witterungsverhältnissen soll im nächsten Kapitel berichtet werden. Zu der Annahme, dafs die Frafsbeschädigung das Herabgehen des Wachstums in den Jahren 1886—1889 bewirkt haben, liegt jedoch keine Veranlassung vor.

---

[1]) Buche 1 aus Jagen 264a wie Kiefer 16 und 17, 8 m hoch, Scheibe 1,3 m über dem Boden. Die Buche stand unmittelbar neben der Kiefer 16, nur 0,15 m von deren Stammbasis entfernt.

Buche 2 aus Jagen 237e wie Kiefer 19, ca. 8 m hoch, Scheibe 1,3 m über dem Boden.

Buche 3 aus Jagen 267d wie Kiefer 18, 9,5 m hoch, Scheibe 1,3 m über dem Boden. Die Birke von demselben Standort wie Buche 3 war 16,0 m hoch, Scheibe 1,5 m über dem Boden.

Viertes Kapitel.

Einfluſs von Temperatur und Regenmenge auf die Gröſse des Dickenwachstums in den einzelnen Jahren.

Will man die physiologische Wirkung von Temperatur und Feuchtigkeit etc. auf das Wachstum in exakter Weise kennen lernen, ist das Experiment, bei welchem nur ein Faktor variiert, die übrigen Faktoren konstant gehalten werden, der einzige Weg. Aus praktischen Gründen könnten zu diesem Experiment bei Bäumen nur junge Exemplare verwendet werden, die sich jedoch wesentlich anders verhalten als ältere Individuen. Wir müssen daher von vornherein darauf verzichten, den Einfluſs der einzelnen Temperaturgrade, der verschiedenen Wassermengen etc. auf diesem Wege zu untersuchen.

Etwas anderes ist es, wenn wir uns die Frage vorlegen, welche Einwirkung die in den einzelnen Jahren verschiedenen klimatischen Faktoren, unter denen die Temperatur sowie die Regenmenge in erster Linie in Betracht kommen, auf das Dickenwachstum der Kiefer haben. Will man die geographische Verbreitung einer Holzart erklären, so darf man abgesehen von jenen Faktoren, welche der Wanderung einer Holzart Grenzen setzten, nicht nur die in einer Gegend zu findenden Temperatur- und Feuchtigkeitsextreme berücksichtigen, sondern man muſs auch die Länge der Vegetationsperiode, welche durch niedere Temperaturen und Trockenperioden beschränkt werden kann, in Betracht ziehen. Die Pflanzen vertragen im allgemeinen nur bis zu einem bestimmten Grade, der für die einzelnen Arten verschieden ist, eine Beschränkung der Vegetationszeit, wodurch ihre geographische Verbreitung sehr wesentlich beeinfluſst wird. Innerhalb des Verbreitungsgebietes einer Pflanze gleichen sich jedoch die einzelnen Jahre durchaus nicht, indem entsprechend dem früheren oder späteren Beginn der für die Assimilation oder das Wachstum geeigneten Temperaturen die Vegetationsperiode eine verschiedene Dauer haben muſs. Dementsprechend konnte man auch erwarten, daſs das Wachstum einer bestimmten Pflanze in den verschiedenen Gegenden ihres Verbreitungsgebietes ein ungleiches sein werde. Wollte man nun das Wachstum einer Pflanze in den verschiedenen Gegenden vergleichen, so würde es sehr groſse Schwierigkeiten machen, ein geeignetes Vergleichsmaterial zu erlangen, da Standort, Boden, Dichtigkeit eines Bestandes sowie der Kronenumfang des einzelnen

Individuums sehr wesentliche Veränderungen in der Wachstumsgröfse zur Folge haben. Diese und ähnliche Faktoren können den Einflufs des Klimas vollständig verdecken. Wollen wir daher die Einwirkung verschiedener klimatischer Faktoren untersuchen, so ist es wesentlich vorteilhafter, die Schwankungen von Temperatur und Regenmenge in den einzelnen Jahren heranzuziehen und an derselben Pflanze zu untersuchen.

Allerdings können noch andere klimatische Faktoren direkt oder indirekt, indem sie auf die Assimilation wirken, das Wachstum im Freien, auf dessen Beobachtung wir allein angewiesen sind, beeinflussen, so z. B. die Feuchtigkeit der Luft, die Dauer der Bestrahlung, die Temperatur des Bodens; in erster Linie werden jedoch die Temperatur der Luft, sowie die jährliche Regenmenge ins Gewicht fallen. Diesen Faktoren werden wir demnach im folgenden unsere Aufmerksamkeit zu widmen haben.

Wie schon eine oberflächliche Betrachtung einer Kiefernscheibe lehrt, sind die Jahresringe derselben von verschiedener Breite und auch wenige Jahre auseinanderliegende Ringe zeigen beträchtliche Differenzen. Analog verhält sich der Flächenzuwachs der einzelnen Jahre. Dabei können wir unterscheiden zwischen jenen Veränderungen, die sich mit einer gewissen Konstanz geltend machen und sich über die ganze Scheibe oder doch einen gröfseren Teil derselben erstrecken und jenen Veränderungen, die mehr als Schwankungen innerhalb kürzerer Zeiträume erkannt werden.

Zu den ersteren gehören die Differenzen, welche sich aus dem Alter eines Jahresringes ergeben, indem Flächenzuwachs und Jahresringbreite unter sonst gleichen Verhältnissen zunächst eine Zunahme und schliefslich im höheren Alter eine Abnahme aufweisen (vergl. Kap. 2), die also mit der grofsen Periode des Wachstums zusammenhängen. Der Verlauf der grofsen Periode wird bei den Bäumen eines Bestandes durch äufsere Verhältnisse eine Veränderung erleiden, indem durch vermehrten Lichtgenufs das Wachstum gesteigert, durch teilweises oder vollständiges Überwachsen der Krone das Wachstum vermindert wird, wobei die Gröfse der Krone einen sehr wesentlichen Einflufs ausübt. In gleicher Weise kann die durchschnittliche Feuchtigkeit des Bodens eine Veränderung erleiden, indem ein Bestand lichter wird, sich allmählich Graswuchs einstellt oder indem durch Heranwachsen eines Unterholzes der Boden mehr beschattet und durch den Blattfall humusreicher wird. Diese Einflüsse werden nicht zu Schwankungen des Wachstums von Jahr zu Jahr führen, sondern sich mehr in einem gleichmäfsigen Steigen oder Fallen des Zuwachses äufsern.

Eventuell können auch bei gleichem Gesamtdickenwachstum die Flächenzuwachse einer Scheibe Veränderungen erfahren, sobald durch Änderung der mechanischen Inanspruchnahme des Stammes eine andere Verteilung des Wachstums stattfindet.

Jährliche Schwankungen im Zuwachs werden in erster Linie durch die verschiedenen Temperaturverhältnisse und Regenmengen der einzelnen Jahre herbeigeführt. Ebenso kann, wie wir im vorigen Kapitel gesehen haben, durch Insektenfrafs ein schnelles Herabgehen des Zuwachses be-

wirkt werden, nach welchem eventuell schon in kurzen Zeiträumen wieder die eine normale Zuwachsgröfse erreicht wird.

Erhebliche Veränderungen der Jahresringbreite können auch durch bestimmte Reizwirkungen hervorgerufen werden. So kann, wie wir später sehen werden, der Flächenzuwachs einer Scheibe infolge der Verletzungen durch den Specht lokal gesteigert werden. Ebenso kann durch den Druck, welchen ein Seitenast an seiner Ansatzstelle ausübt, der Zuwachs eine Steigerung erfahren. Bricht ein solcher Ast ab, so bleibt natürlich der Zuwachs an dieser Stelle zurück. Besonders an der Stammbasis kann in verschiedenen Richtungen der Zuwachs zeitweise eine starke Förderung erfahren, es findet später aber wieder eine Abrundung des Stammes statt, indem die Jahresringe an den entstandenen Einbuchtungen im Wachstum gefördert werden, wodurch eventuell Messungsfehler entstehen.

Aus dem eben Angeführten ergiebt sich die für unsere Untersuchung einzuschlagende Methode. Hatte die Temperatur und die Regenmenge der einzelnen Jahre auf die Gröfse des Zuwachses einen Einflufs, so mufste sich dieser an den verschiedenen Beständen eines beschränkten Gebietes, wie es die um Eberswalde liegenden Oberförstereien Biesenthal, Eberswalde und Chorin boten, in analoger Weise geltend machen. Es kam demnach darauf an, die gleichartigen Schwankungen der verschiedenen Beständen angehörenden Bäume herauszufinden und mit den meteorologischen Messungen innerhalb dieses Gebietes zu vergleichen.

Wir besitzen in den von A. Müttrich herausgegebenen Mitteilungen der meteorologischen Station Eberswalde zuverlässige Beobachtungen, die bis zum Jahre 1876 zurückgehen. Die meteorologische Station liegt ungefähr in der Mitte des von uns in Betracht gezogenen Gebietes und wenn auch kleine Abweichungen für die einzelnen Bestände vorhanden sein mögen, so wird doch durch die vorliegenden Beobachtungen der allgemeine Gang der Temperatur, sowie der Regenmenge in hinreichend genauer Weise wiedergegeben. Für die Bestimmung der Lufttemperatur und Regenmenge verwendete ich die Ablesungen auf der Feldstation, da die Ablesungen auf der Waldstation in höherem Mafse von lokalen Verhältnissen beeinflufst werden, was besonders von der gemessenen Regenmenge gilt. Für die Bodentemperaturen habe ich dagegen die Zahlen der Waldstation angewendet, da mir dies den Verhältnissen entsprechender schien.

Bei der grofsen Anpassungsfähigkeit der Kiefer an verschiedene Boden- und Feuchtigkeitsverhältnisse ist es allerdings wahrscheinlich, dafs andere Holzarten stärkere Differenzen in den einzelnen Jahren aufweisen (vergl. Flächenwachstum der Birke Tab. 42). Da jedoch für andere Fragen die Kiefer ein geeignetes Untersuchungsmaterial bot, mufste der Versuch gemacht werden, den Einflufs der klimatischen Faktoren auch an der Kiefer zu finden. Ich beabsichtige jedoch demnächst auch andere Holzarten zu untersuchen, um die für die Kiefer gefundenen Resultate zu ergänzen und zu kontrollieren.

In den Tabellen 39—41 sind die Zahlen für den Flächenzuwachs und das Spätholzprozent durchwegs Mittelwerte aus mehreren Scheiben, welche ungefähr gleichmäfsig über den Stamm verteilt waren, zum Teil war das Mittel aus 8—11 Scheiben genommen. Die obersten Scheiben eines Stammes konnten nicht mit in Betracht gezogen werden, da das Flächenwachstum hier infolge des Jugendzustandes eine dauernde Zunahme aufweist (vergl. Kap. 2), welche von den jährlichen Schwankungen äufserer Faktoren weniger beeinflufst wird. Aufserdem mufste die Verwendung der obersten Scheiben unterbleiben, da dieselben nicht bis zum Jahre 1876 zurückgingen und die Mittelbildung für die aufeinanderfolgenden Jahre aus einer verschiedenen Anzahl von Scheiben das Resultat trüben konnte. Nur bei den in Tab. 42 angeführten jungen Kiefern 23 und 24 liefs sich diese Fehlerquelle nicht umgehen, da für den ganzen Zeitraum von 1874—1895 nur eine einzige Scheibe zur Verfügung gestanden hätte. Die aus der Verwendung einer verschiedenen Scheibenzahl zur Mittelbildung entstehenden Fehler wurden jedoch annähernd eliminiert, indem bei Kiefer 23 die ersten 4 Jahre, bei Kiefer 24 die ersten 2 Jahre einer Scheibe aufser Rechnung gelassen wurden, d. h. jene Jahre, welche einen beträchtlich geringeren Flächenzuwachs aufwiesen als die übrigen.

Ebenso wie die obersten jüngsten Scheiben für unsere Untersuchung nicht geeignet sind, konnten auch jugendliche Stämme nicht benutzt werden, da hier ebenfalls die Zunahme im Jugendstadium den Einflufs der Witterung zum Teil verdeckte.

Da eine je nach der Feuchtigkeit des Standortes verschiedene Beeinflussung des Wachstums wahrscheinlich war, habe ich die Stämme in drei Gruppen geteilt. Die erste Gruppe bilden die Stämme auf sehr trockenem Boden (Tab. 39), die zweite Gruppe die Stämme auf frischem d. h. mäfsig feuchtem Boden, jedoch ohne stagnierende Nässe (Tab. 40), die Kiefern der dritten Gruppe (Tab. 41) befanden sich auf sehr feuchtem Boden, wo das Grundwasser sehr hoch stand oder die Oberfläche des Bodens zeitweise vom Wasser bedeckt war.

Die Mittelwerte für das Flächenwachstum sind zur Konstruktion der Kurven auf den Tafeln V—IX verwendet worden.

Den Flächenzuwachszahlen sind schräg gedruckt die Mittel der Spätholzprozente beigefügt, welche jedoch erst später besprochen werden sollen. (S. Tab. 39, 40, 41, 42.)

Die vorstehenden Tabellen gehen bis zum Jahre 1874 resp. 1875 zurück, bei unseren Betrachtungen können wir jedoch die ersten Jahre nicht berücksichtigen, weil fast überall in den Jahren 1876 oder 1877 die Nonne gefressen hat und hierdurch Störungen im Flächenzuwachs entstanden sind, die in ihren Nachwirkungen nicht immer genau zu bestimmen sind. Selbst wenn wir bei dem Jahre 1880 beginnen, ist ein Einflufs des Nonnenfrafses teilweise nicht ausgeschlossen (S. 66). Zu gleicher Zeit ist in den stärker beschädigten Beständen nach dem Frafse stark durchforstet worden, welcher Einflufs sich noch weiter als der Frafs selbst geltend

machen konnte. Bis zum Jahre 1894 sind alle Stämme gemessen worden. Für die Jahre 1895—97 liegen jedoch nur teilweise Beobachtungen vor.

A. Kiefern auf trockenem und mäfsig feuchtem Boden.

Überblicken wir den allgemeinen Gang der Kurven auf den Tafeln V bis VIII, so erkennen wir folgendes. Die Jahre 1880 und 1881 haben durchwegs ein geringeres Wachstum als 1882, wobei entweder 1880 oder 1881 einen etwas stärkeren Flächenzuwachs aufweist. Im Jahre 1883 fällt durchwegs die Wachstumskurve, um sodann 1884 wieder stark anzusteigen. Vom Jahre 1885 ab fällt der Flächenzuwachs bis zum Jahre 1889, wobei das Jahr 1887 entweder eine geringere Verminderung des Wachstums oder sogar eine kleinere Steigerung aufweist. Nach dem Minimum im Jahre 1889 finden wir 1890 durchwegs eine Zunahme des Flächenzuwachses, die sich 1891 noch steigert. Das Jahr 1892 zeigt denselben oder einen etwas geringeren Zuwachs als das Vorjahr, während 1893 ein Herabgehen der Wachstumskurve eintritt, 1894 folgt meist wieder eine Hebung derselben. Nach einer Verminderung im Jahre 1895 zeigt 1896 wieder eine Zunahme des Wachstums.

Wir finden demnach für die Kiefern der verschiedenen Bestände einen gleichartigen Verlauf der Wachstumskurven, der nur in einzelnen Jahren an dem einen oder anderen Stamm Abweichungen darbietet. Die vorhandene Übereinstimmung des Wachstumsganges dieser aus verschiedenen, örtlich getrennten Beständen entnommenen Stämme ist jedoch hinreichend grofs, um sagen zu können, gewisse auf alle Bestände wirkende Faktoren haben diesen Gang des Wachstums hervorgerufen. Es war von vornherein anzunehmen, dafs dies nur klimatische Faktoren oder allgemein auftretende Frafsbeschädigungen sein könnten. Die Wirkung des Frafses haben wir bereits im Kap. 3 besprochen und darauf hingewiesen, dafs das Wachstumsminimum im Jahre 1888 und 1889 nicht durch den Spinner- oder Spannerfrafs hervorgerufen sein kann, wenn auch eine geringe Verminderung des Zuwachses in diesen Jahren infolge des Insektenfrafses an unseren Stämmen nicht ganz ausgeschlossen war.

Um nun zu zeigen, dafs thatsächlich die Witterungseinflüsse speziell die Temperatur und Regenmenge, den Gang des Wachstums beeinflufst haben, ist es notwendig, diese Einwirkungen im einzelnen zu untersuchen. Als Ausgangspunkt wählen wir das Jahr 1884, welches sich durch ein besonders starkes Wachstum auszeichnet. Die Gruppe der Jahre 1882—84 war so deutlich durch das hohe Wachstum von 1882 und 1884 mit dazwischen liegendem geringeren Wachstum für 1883 markiert, dafs diese Jahre auch ohne Messung leicht erkannt werden konnten. In den weitaus meisten Fällen zeigt 1884 noch ein gröfseres Wachstum als 1882 und überhaupt den gröfsten Flächenzuwachs in dem ganzen Zeitraum von 1874 bis 1897. Nur wo der Flächenzuwachs infolge des Ansteigens der grofsen Periode in starker Zunahme begriffen war, wurde später der Zuwachs von

Tab. 39. Flächenzuwachs (qcm) und Spätholzprozent

Kiefer Nr.	Höhe m	Mittel aus Scheibe	Höhe der Scheibe m	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882
1	14,3	I—VI	0,2—9,7	6,23	6,16	6,53	3,05	7,25	6,06	6,19	6,74	11,82
				17	*17*	*6*	*36*	*29*	*21*	*25*	*26*	*23*
2	14,6	I—VI	0,2—9,7	5,74	5,79	5,30	4,29	6,67	5,68	5,11	5,23	7,46
				29	*27*	*18*	*37*	*37*	*30*	*34*	*34*	*37*
3	14,3	I—VI	0,2—9,7	2,49	2,02	2,32	1,11	2,38	2,86	2,91	3,40	4,78
				30	*33*	*19*	*35*	*45*	*38*	*36*	*39*	*36*
4	13,0	I—V	0,2—7,6	1,56	1,74	1,59	0	0,13	0,25	0,47	0,83	1,36
				20	*18*	*4*	—	*(24)*	*18*	*18*	*28*	*28*
5	9,8	I—IV	0,2—5,5	1,52	1,29	1,56	0,42	0,96	1,17	0,96	0,99	1,51
				19	*19*	*11*	*16*	*24*	*22*	*18*	*25*	*21*
6	14,2	I—V	0,2—7,6	7,85	8,94	5,46	0,20	2,56	5,41	6,88	6,65	8,17
				19	*20*	*4*	*(8)*	*29*	*30*	*29*	*29*	*30*
7	14,1	I—V	0,2—7,6	3,45	4,12	3,98	0,48	6,16	6,45	6,52	4,60	5,65
				26	*25*	*7*	*37*	*39*	*31*	*31*	*31*	*35*
8	14,9	I—V	0,25—7.6	3,36	3,48	2,93	1,65	7,31	5,60	4,96	4,45	6,46
				26	*25*	*16*	*60*	*32*	*26*	*33*	*30*	*34*
9	13,1	I—V	0,2—7,6	1,65	1,64	1,39	0,15	1,74	1,54	1,22	1,14	1,82
				28	*27*	*5*	*(50)*	*43*	*40*	*34*	*38*	*42*
10	18,5	I, II, IV, V	0,2—13,3	8,03	6,95	5,23	3,15	8,33	10,56	7,26	6,65	9,05
				34[1])	*31*	*13*	*42*	*29*	*23*	*35*	*35*	*32*
11	18,5	I—V	0,2—13,9	8,78	7,78	5,11	2,79	7,36	8,48	8,39	6,58	8,18
				26	*28*	*9*	*48*	*34*	*26*	*26*	*25*	*29*
12	13,5	I—IV	0,3—9,7	2,72	3,65	2,80	1,41	4,96	4,86	4,50	2,86	5,00
				31[2])	*29*	*12*	*42*	*33*	*26*	*29*	*39*	*26*
13	21,7	II—VIII	1,4—20,0	—	—	—	—	—	5,66	5,46	6,23	7,06
				—	—	—	—	—	*20*	*21*	*21*	*17*

[1]) Die Spätholzprozente von 1874 und 75 sind Mittel aus den Scheiben I, II, IV.
[2]) Die Spätholzprozente von 1874 und 75 sind Mittel aus den Scheiben I—III.

der Kiefern auf **sehr trockenem Boden.**

1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895
8,81	11,43	7,15	6,76	8,61	8,28	6,68	10,36	12,02	8,32	6,75	9,79	—
35	*15*	*25*	*20*	*19*	*25*	*30*	*29*	*26*	*21*	*20*	*25*	—
6,87	9,15	6,16	4,79	4,33	3,32	3,02	4,33	4,75	5,07	4,20	6,03	—
42	*29*	*38*	*29*	*28*	*35*	*36*	*42*	*40*	*36*	*33*	*36*	—
3,38	5,45	3,83	2,95	3,00	2,49	2,13	3,46	3,60	2,84	2,70	3,75	—
47	*36*	*40*	*39*	*32*	*32*	*45*	*43*	*41*	*41*	*39*	*37*	—
1,30	2,32	2,06	1,38	1,28	1,31	1,12	1,66	2,16	1,59	0,87	1,82	—
46	*30*	*36*	*30*	*30*	*31*	*44*	*45*	*42*	*38*	*22*	*25*	—
0,96	1,36	0,99	0,62	0,54	0,30	0,14	0,32	0,52	0,21	0,18	0,20	—
25	*21*	*25*	*21*	*18*	*20*	*(25)*	*16*	*17*	*26*	—	—	—
7,44	10,50	8,79	6,43	5,48	4,08	3,44	5,13	8,17	6,79	4,63	6,19	—
32	*23*	*29*	*27*	*23*	*20*	*27*	*36*	*27*	*32*	*25*	*31*	—
4,91	7,34	5,43	4,16	4,22	2,60	2,21	3,78	4,85	2,60	1,17	2,50	—
40	*25*	*34*	*30*	*26*	*28*	*29*	*39*	*31*	*34*	*24*	*30*	—
4,84	6,89	4,83	3,48	3,73	2,69	2,49	3,96	5,06	2,97	2,32	5,06	—
43	*24*	*35*	*32*	*32*	*31*	*33*	*44*	*35*	*41*	*35*	*37*	—
1,43	2,39	1,50	1,17	1,43	1,20	1,16	1,96	2,65	2,46	1,85	2,25	—
43	*30*	*41*	*38*	*32*	*34*	*40*	*48*	*41*	*42*	*35*	*39*	—
7,86	10,87	9,50	7,97	7,58	6,71	6,59	9,38	8,94	5,23	4,91	8,57	8,20
47	*24*	*37*	*42*	*25*	*28*	*44*	*35*	*35*	*11*	*30*	*33*	*38*
6,73	9,82	6,96	4,56	4,60	3,39	2,51	3,15	4,84	4,18	3,60	5,03	3,39
37	*21*	*30*	*26*	*23*	*20*	*30*	*29*	*24*	*11*	*20*	*20*	*34*
2,56	4,98	4,75	4,06	4,06	4,15	2,69	2,75	1,92	0,19	0,001	0,08	0,05
50	*28*	*34*	*29*	*23*	*29*	*41*	*36*	*30*	—	—	—	—
4,65	6,84	4,86	4,12	4,17	3,43	2,39	3,73	3,69	3,56	3,11	3,53	—
23	*17*	*18*	*12*	*14*	*15*	*15*	*13*	*15*	*11*	*10*	*10*	—

Tab. 40. Flächenzuwachs (qcm) und Spätholz-

Kiefer Nr.	Höhe m	Mittel aus Scheibe	Höhe der Scheiben, m	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882
14	23,25	I–IX	0,3—16,2	9,51	9,49	9,51	6,36	8,03	9,65	9,34	8,94	12,01
				30	*33*	*23*	*23*	*43*	*32*	*36*	*38*	*39*
15	20,65	I–IX	0,3—15,2	2,94	2,92	2,79	0,32	0,42	1,40	1,81	1,60	2,26
				27	*32*	*10*	*(5)*	*(23)*	*24*	*28*	*28*	*35*
16	19,0	I–VII	0,3—12,6	7,24	7,72	7,85	5,23	3,64	6,71	5,81	6,96	12,20
				23	*21*	*17*	*7*	*37*	*18*	*22*	*31*	*27*
17	19,9	I–VIII	0,3—13,7	3,36	3,49	3,65	1,26	0,33	2,43	3,19	3,58	4,42
				30	*36*	*31*	*11*	*(59)*	*37*	*37*	*36*	*35*
18	23,25	I–X	0,35—19,95	7,74	7,61	8,82	6,69	8,37	9,97	9,39	8,63	12,14
				21	*30*	*22*	*27*	*30*	*22*	*25*	*26*	*29*
19	27,4	II, III, V, VI	1,3—23,1	6,06	5,63	6,72	4,63	5,73	6,22	5,74	4,97	8,17
				25	*33*	*27*	*14*	*34*	*29*	*26*	*31*	*34*
20	23,5	I, II, IV, V	0,15—18,1	8,65	8,76	10,11	6,41	10,07	13,20	11,23	10,51	14,67
					21	*20*	*18*	*32*	*20*	*22*	*29*	*24*
21	20,1	I, III, IV	0,2—12,9	5,36	6,07	6,79	4,73	6,75	8,44	7,55	7,39	8,82
					28	*23*	*19*	*37*	*31*	*26*	*34*	*29*
22	18,6	I–IV	0,2—14,2	2,69	2,93	2,98	1,38	1,64	3,15	3,66	2,78	5,17
					32	*27*	*17*	*58*	*37*	*37*	*41*	*41*
26	21,2	I–III	1,3—9,9	24,67	25,58	31,90	17,71	17,09	33,70	36,22	38,59	43,04
				21	*31*	*23*	*10*	*50*	*30*	*30*	*33*	*28*
27	24,2	I–III	1,3—11,9	23,20	27,69	28,53	15,93	10,99	21,77	27,08	29,77	33,40
				23	*35*	*29*	*16*	*42*	*35*	*42*	*34*	*42*
28	25,5	I–VI	0,3—18,45		7,15	5,56	6,28	8,36	8,45	10,53	10,70	12,94
					42	*30*	*35*	*43*	*40*	*39*	*37*	*38*

prozent der Kiefern auf **mässig feuchtem Boden.**

1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897
8,49	13,54	11,93	9,88	9,57	8,88	7,47	10,05	11,10	10,60	9,12	10,75	8,91	10,55	8,94
49	*35*	*39*	*35*	*32*	*36*	*45*	*41*	*40*	*37*	*37*	*41*	*46*	*45*	*36*
1,73	3,02	2,62	2,30	1,92	1,59	0,96	1,33	1,18	0,90	0,38	0,15	0,08	0,16	0,39
35	*35*	*35*	*34*	*29*	*27*	*26*	*30*	*27*	*18*	*11*	*(9)*	*(9)*	*(12)*	*(9)*
8,41	13,34	9,24	7,59	7,53	7,08	5,09	6,27	7,89	9,09	6,74	6,94	5,59	6,48	5,65
34	*18*	*27*	*26*	*20*	*24*	*28*	*31*	*26*	*29*	*24*	*21*	*30*	*25*	*27*
2,57	4,49	3,21	2,91	2,97	2,64	2,28	3,17	3,94	3,60	3,19	3,30	2,42	3,18	2,71
45	*35*	*44*	*51*	*35*	*38*	*45*	*44*	*38*	*43*	*41*	*40*	*45*	*42*	*42*
7,87	10,61	10,21	8,65	5,17	6,30	4,36	7,18	11,91	11,19	10,85	8,70	7,69	10,92	8,81
36	*26*	*28*	*19*	*28*	*25*	*12*	*28*	*30*	*25*	*21*	*31*	*29*	*28*	*27*
5,35	8,57	6,29	4,79	4,17	3,51	2,87	5,24	7,25	6,28	5,14	5,27	4,21	5,73	6,18
34	*31*	*34*	*29*	*21*	*24*	*24*	*38*	*34*	*29*	*27*	*24*	*28*	*33*	*28*
11,47	17,61	14,16	12,64	11,85	9,20	7,95	10,63	11,57	10,45	9,32	11,83	13,09	—	—
36	*22*	*33*	*25*	*23*	*25*	*44*	*33*	*34*	*32*	*31*	*33*	*37*	—	—
7,16	11,57	9,52	8,91	7,80	6,40	6,85	7,53	4,59	0,72	0,23	0,11	0	—	—
44	*30*	*37*	*33*	*32*	*26*	*45*	*36*	—	—	—	—	—	—	—
3,27	5,53	4,03	3,18	2,82	2,29	1,47	2,91	3,21	2,34	2,36	0,35	1,02	—	—
55	*33*	*42*	*42*	*41*	*41*	*41*	*46*	*44*	*47*	*28*	*45*	*42*	—	—
34,99	51,15	38,52	31,35	25,67	23,83	17,77	26,24	29,92	28,77	23,90	16,16	—	—	—
41	*31*	*32*	*34*	*27*	*30*	*40*	*38*	*39*	*32*	*23*	*36*	—	—	—
31,35	41,06	28,56	22,61	24,17	19,83	16,73	26,75	27,08	25,77	25,16	23,19	—	—	—
41	*32*	*33*	*32*	*29*	*29*	*35*	*40*	*36*	*36*	*24*	*41*	—	—	—
8,15	10,11	10,12	8,37	6,58	6,55	6,57	8,64	9,08	6,98	5,04	5,14	6,16	—	—
39	*39*	*44*	*42*	*35*	*35*	*50*	*47*	*41*	*41*	*29*	*46*	*47*	—	—

Tab. 41. Flächenzuwachs (qcm) und Spätholz-

Kiefer Nr.	Höhe m	Mittel aus Scheibe	Höhe der Scheiben, m	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882
29	13,5	I—III	0,2— 3,4	—	—	26,06	22,78	30,96	29,03	26,95	31,22	37,89
				—	—	*19*	*21*	*25*	*25*	*28*	*26*	*19*
30	28,8	I, II, IV, VI	0,2—24,0	—	11,08	9,77	9,30	16,10	13,56	11,94	12,15	17,38
				—	*21*	*22*	*31*	*31*	*27*	*27*	*29*	*30*
32	30,2	I—XI	0,3—27,3	—	—	6,96	4,44	2,23	4,87	6,23	5,98	7,16
				—	—	*29*	*8*	*40*	*29*	*30*	*34*	*31*
33	17,95	I—IV	0,3— 5,5	—	17,61	17,20	11,23	15,59	13,15	12,95	10,38	10,92
				—	*23*	*23*	*34*	*35*	*34*	*32*	*35*	*38*
34	16,7	I—IV	0,3— 5,5	—	5,68	7,35	6,81	7,50	7,35	6,39	5,33	6,52
				—	—	—	*25*	*32*	*31*	*33*	*32*	*34*
35	16,5	I—IV	0,3— 5,5	—	11,03	10,95	6,36	5,17	5,88	6,21	5,51	6,38
				—	*21*	*25*	*31*	*39*	*36*	*36*	*35*	*40*
36	15,5	I—IV	0,3— 5,4	—	3,64	3,27	2,82	3,50	3,66	2,83	2,17	2,27
				—	—	*30*	*33*	*43*	*35*	*36*	*42*	*42*
37	11,7	I—III	0,3— 5,5	—	—	2,66	1,55	1,75	2,18	2,33	1,82	1,98
				—	—	—	*40*	*42*	*38*	*33*	*37*	*36*
38	26,0	I—VI	0,3—19,9	—	6,76	7,26	5,06	6,16	5,15	3,97	5,10	6,26
				—	*34*	*26*	*24*	*31*	*31*	*30*	*34*	*34*

Tab. 42. Flächenzuwachs (qcm) und Spätholzprozent von

Kiefer Nr.	Höhe m	Mittel aus Scheibe	Höhe der Scheiben m	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884
23	10,7	verschieden [1])		0,28	0,54	1,23	1,59	3,43	4,59	7,14	7,69	9,77	8,13	10,33
24	8,8	verschieden [1])		0,02	0,06	0,20	0,44	0,97	1,46	2,64	1,90	3,12	1,22	1,62
Buche 1				0,56	1,28	0,79	0,68	0,79	2,20	0,67	1,01	2,76	0,96	4,19
Buche 2				1,17	3,21	1,90	1,45	1,78	3,74	1,90	2,19	3,90	2,93	7,13
Buche 3				1,00	2,36	1,98	1,52	1,62	5,28	3,29	3,67	12,53	10,67	12,88
Birke				1,55	3,87	3,80	6,29	4,68	7,38	3,73	5,70	5,33	2,02	5,83

[1]) Die Zahlen für den Flächenzuwachs sind das Mittel
1874—80 aus Scheibe I
1881—84 „ „ I, II
1885—88 „ „ I—III
1889—95 „ „ I—IV.
Die Spätholzprozente sind Mittel aus den Scheiben I—IV.

prozent der Kiefern auf **sehr feuchtem Boden.**

1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895
29,85	36,02	34,30	42,14	36,40	29,43	31,86	28,69	32,64	40,63	35,69	32,34	46,64
30	*31*	*32*	*30*	*25*	*24*	*28*	*35*	*33*	*24*	*27*	*33*	*29*
14,77	16,26	16,67	13,59	11,62	11,31	9,37	8,35	10,94	12,60	10,69	9,95	9,84
33	*24*	*29*	*26*	*17*	*22*	*33*	*27*	*24*	*27*	*18*	*23*	*28*
6,14	9,79	8,66	7,49	8,45	5,90	5,03	5,07	6,71	8,07	7,73	7,29	—
36	*30*	*35*	*36*	*28*	*26*	*36*	*32*	*31*	*34*	*26*	*29*	—
12,16	15,40	11,64	12,30	14,06	13,44	13,46	16,68	17,05	15,76	15,86	17,75	17,16
44	*34*	*41*	*42*	*39*	*38*	*52*	*47*	*41*	*41*	*41*	*41*	*47*
7,08	8,57	6,44	7,52	9,01	11,08	11,23	14,38	13,92	13,35	12,89	11,55	12,03
42	*30*	*37*	*41*	*33*	*36*	*52*	*35*	*40*	*40*	*40*	*44*	*50*
4,42	6,15	4,95	6,60	7,90	8,26	9,17	10,29	6,08	6,41	6,12	7,52	7,71
47	*36*	*44*	*41*	*44*	*40*	*54*	*49*	*46*	*51*	*44*	*47*	*49*
1,69	2,78	2,34	1,84	1,50	1,26	1,10	1,55	1,56	1,27	0,98	0,81	0,80
48	*39*	*43*	*48*	*45*	*46*	*57*	*53*	*45*	*54*	*52*	*44*	*51*
1,51	2,36	1,26	1,44	1,12	0,86	0,50	0,41	0,35	0,30	0,31	0,30	0,16
47	*33*	*40*	*39*	*34*	*28*	*40*	*25*	*21*	*30*	*20*	*17*	—
4,82	7,76	6,60	5,51	4,67	4,45	4,26	5,38	5,52	2,24	2,24	3,06	3,99
31	*33*	*35*	*37*	*31*	*25*	*37*	*35*	*29*	*23*	*25*	*33*	*38*

2 jungen Kiefern; Flächenzuwachs von Buche und Birke.

1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897
10,33	10,65	10,36	12,78	12,94	13,04	13,42	12,02	10,71	9,92	9,37	—	—
		15	*19*	*36*	*21*	*21*	*22*	*23*	*31*	*38*	—	—
1,80	1,68	1,84	1,24	1,10	1,79	1,44	0,78	0,51	0,31	0,07	—	—
		24	*30*	*64*	*43*	*26*	*35*	*35*	*19*	—	—	—
2,71	3,53	3,32	3,24	2,32	4,68	6,47	5,43	4,96	7,89	6,70	6,84	7,29
4,27	4,35	4,35	4,00	2,93	4,34	6,86	4,53	3,33	7,10	5,38	8,35	6,05
9,37	10,32	9,41	10,73	9,06	20,78	22,30	12,64	10,00	19,92	17,32	22,56	22,00
5,05	3,60	6,71	3,80	1,61	3,50	6,98	1,04	0,31	2,50	0,84	1,84	1,58

*) Die Zahlen für den Flächenzuwachs sind das Mittel
1874—81 aus Scheibe I
1882—85 „ „ I, II
1886—89 „ „ I—III
1890—95 „ „ I—IV.
Die Spätholzprozente sind Mittelwerte
1887—90 aus Scheibe I—III
1891—95 „ „ I—IV.

Tab. 43. **Mittlere Temperaturen der Luft**

Monat	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887
Januar	**—4,0**	1,8	0,4	**—4,4**	**—2,4**	**—6,5**	0,6	**—1,2**	2,9	**—2,5**	**—1,6**	**—3,7**
Februar	0,7	1,6	2,7	**—0,8**	**—0,6**	**—1,6**	2,2	1,6	3,3	2,6	**—4,2**	**—0,5**
März	3,7	1,3	3,4	0,6	2,9	1,4	6,8	**—2,0**	4,6	2,9	**—0,3**	2,6
April	8,8	6,1	9,6	6,2	9,3	5,3	8,0	5,8	5,9	10,0	9,4	8,3
Mai	8,9	10,4	13,5	11,3	11,3	13,1	11,8	12,4	12,9	11,2	13,6	11,5
Juni	17,8	18,4	16,3	16,7	16,7	16,1	15,1	17,3	14,6	18,2	16,2	16,1
Juli	18,2	18,6	16,7	16,3	18,7	19,1	18,5	18,6	19,2	18,7	18,4	19,9
August	18,0	18,4	18,7	18,5	17,5	16,5	16,5	17,0	17,3	15,0	18,7	16,9
September	13,5	11,2	15,2	14,8	14,6	12,9	15,1	15,2	15,2	13,7	16,4	14,2
Oktober	11,1	7,8	10,3	7,8	7,3	5,6	8,3	9,5	8,6	8,3	9.4	6,8
November	0,2	6,2	3,3	0,5	3,7	5,3	3,3	4,6	1,0	1,5	5,3	4,0
Dezember	**—1,0**	0,6	**—0,7**	**—6,7**	2,6	0,7	**—0.7**	1.0	2,2	0,0	1,0	0,0
Januar bis März . .	0,1	1,6	2,2	—1,5	0,0	—2,2	3,2	—0,5	3,6	1,0	—2,0	—0,5
Januar 1fach, Februar 2fach, März 1fach	0,3	1,6	2,3	—1,4	—0,2	—2,1	2,9	0,0	3,5	1,4	—2,6	—0,5
Januar 1fach, Februar 3fach, März 2fach	0,9	1,5	2,5	—0,9	0,3	—1,4	3,5	—,01	3,7	1,8	—2,5	0,0
April bis August .	14,3	14,4	15,0	13,8	14,7	14,0	14,0	14,2	14,0	14,6	15,3	14,5
April bis Juni . .	11,8	11,5	13,1	11,4	12,4	11,5	11,6	11,8	11,2	13,1	13,1	12,0
Juli bis August . .	18,1	18,5	17,7	17,4	18,1	17,8	17,5	17,8	18,3	16,9	18,6	18,4
Mai bis Juni . . .	13,4	14,4	14,9	14,0	14,0	14,6	13,5	14,9	13,8	14,7	14,9	13,8

Tab. 44. **Abweichungen der monatlichen Mitteltemperaturen der**

Monat	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887
Januar. . .	—1,6	+4,2	+2,8	—2,0	0,0	—4,1	+3,0	+1,2	+5,3	—0,1	+0,8	—1,3
Februar . .	+0,7	+1,6	+2,7	—0,8	—0,6	—1,6	+2,2	+1,6	+3,3	+2,6	—4,2	—0,5
März . . .	+1,2	—1,2	+0,9	—1,9	+0,4	—1,1	+4,3	—4,5	+2,1	+0,4	—2,8	+0,1
April . . .	+1,0	—1,7	+1,8	—1,6	+1,5	—2,5	+0,2	—2,0	—1,9	+2,2	+1,6	+0,5
Mai . . .	—3,7	—2,2	+0,9	—1,3	—1,3	+0,5	—0,8	—0,2	+0,3	—1,4	+1,0	—1,1
Juni . . .	+1,0	+1,6	—0,5	—0,1	—0,1	—0,7	—1,7	+0,5	—2,2	+1,4	—0,6	—0,7
Juli . . .	—0,1	+0,3	—1,6	—2,0	+0,4	+0,8	+0,2	+0,3	+0,9	+0,4	+0,1	+1,6
August . .	+0,4	+0,8	+1,1	+0,9	—0,1	—1,1	—1,1	—0,6	—0,3	—2,6	+1,1	—0,7
September .	—0,7	—3,0	+1,0	+0,6	+0,4	—1,3	+0,9	+1,0	+1,0	—0,5	+2,2	0,0
Oktober . .	+2,4	—0,9	+1,6	—0,9	—1,4	—3,1	—0,4	+0,8	—0,1	—0,4	+0,7	—1,9
November .	—1,9	+3,1	+0,2	—2,6	+0,6	—2,2	+0,2	+1,5	—2,1	—1,6	+2,2	+0,9
Dezember .	—0,8	+ 0,8	—0,5	—6,5	+2,8	+0,9	—0,5	+1,2	+2,4	+0,2	+1,2	+0,2

auf der Feldstation Eberswalde.

1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	Mittel aus 1876—1897	Mittel		
											höchstes	niedrigstes	Diff.
—2,3	**—3,9**	1,5	**—4,5**	**—2,8**	**—9,6**	**—2,2**	**—3,8**	**—0,9**	**—3,4**	— 2,4	2,9	—9,6	12,5
—3,2	**—1,8**	**—2,1**	0,6	0,5	1,3	2,3	**—4,9**	0,8	**—0,3**	0,0	3,3	—4,9	8,2
—0,8	**0,0**	5,6	3,7	1,0	4,3	0,6	2,0	6,1	5,5	2,5	6,8	—2,0	8,8
6,6	8,4	8,4	5,5	7,3	7,9	10,3	9,4	7,2	8,4	7,8	10,3	5,3	5,0
12,8	18,0	14,9	14,3	12,5	12,7	12,4	14,0	11,8	11,9	12,6	18,0	8,9	9,1
16,5	20,3	15,2	15,2	16,6	16,4	15,6	17,2	18,7	17,9	16,8	20,3	14,6	5,7
16,0	17,9	17,2	18,3	17,2	19,0	19,7	19,2	18,8	17,7	18,3	19,9	16,0	3,9
16,8	17,1	18,8	16,8	19,4	18,3	16,9	18,5	16,1	18,6	17,6	19,4	15,0	4,4
13,5	12,1	14,6	15,3	15,2	13,6	11,7	16,3	14,0	13,8	14,2	16,4	11,2	5,2
7,3	8,7	8,5	11,3	8,3	11,0	8,2	8,0	10,8	8,1	8,7	11,3	5,6	5,7
2,8	3,4	3,2	2,8	1,6	2,9	5,2	4,2	1,0	2,8	3,1	6,2	0,2	6,0
0,8	1,0	**—6,0**	2,0	**—1,6**	0,8	0,1	**—0,8**	**—1,0**	1,4	— 0,2	2,6	—6,7	9,3
—2,1	—1,9	1,6	—0,1	—0,4	—1,3	1,2	—2,2	2,0	0,6	—	—	—	—
—2,4	—1,9	0,7	0,1	—,02	—0,7	0,7	—2,9	1,7	0,4	—	—	—	—
—0,8	—1,6	1,1	0,8	0,1	0,5	1,0	—2,3	2,2	1,1	—	—	—	—
13,7	16,3	14,9	14,0	14,6	14,9	15,0	15,7	14,5	14,9	—	—	—	—
12,0	15,6	12,8	11,7	12,1	12,3	12,8	13,5	12,6	12,7	—	—	—	—
16,4	17,5	18,0	17,6	18,3	18,7	18,3	18,9	17,5	18,2	—	—	—	—
14,7	19,2	15,1	14,8	14,6	14,6	14,0	15,6	15,3	14,9	—	—	—	—

Luft von der Durchschnittstemperatur der Jahre 1876—1897.

1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	Mittel aus 1876 bis 1897	Durchschnittliche Abweichung vom Mittel
+0,1	—1,5	+3,9	—2,1	—0,4	—7,2	+0,2	—1,4	+1,5	—1,0	— 2,4	2,08
—3,2	—1,8	—2,1	+0,6	+0,5	+1,3	+2,3	—4,9	+0,8	—0,3	0,0	1,83
—3,3	—2,5	+3,1	+1,2	—1,5	+1,8	—1,9	—0,5	+3,6	+3,0	2,5	1,97
—1,2	+0,6	+0,6	—2,3	—0,5	+0,1	+2,5	+1,6	—0,6	+0,6	7,8	1,32
+0,2	+5,4	+2,3	+1,7	—0,1	+0,1	—0,2	+1,4	—0,8	—0,7	12,6	1,25
—0,3	+3,5	—1,6	—1,6	—0,2	—0,4	—1,2	+0,4	+1,9	+1,1	16,8	1,01
—2,3	—0,4	—1,1	0,0	—1,1	+0,7	+1,4	+0,9	+0,5	—0,6	18,3	0,80
—0,8	—0,5	+1,2	—0,8	+2,2	+0,7	—0,7	+0,9	—1,5	+1,0	17,6	0,64
—0,7	—2,1	+0,4	+1,1	+1,0	—0,6	—2,5	+2,1	—0,2	—0,4	14,2	1,08
—1,4	0,0	—0,2	+2,6	—0,4	+2,3	—0,5	—0,7	+2,1	—0,6	8,7	1,15
—0,3	+0,3	+0,1	—0,3	—1,5	—0,2	+2,1	+1,1	—2,1	—0,3	3,1	1,25
+1,0	+1,2	—5,8	+2,2	—1,4	+1,0	+0,3	—0,6	—0,8	+1,6	— 0,2	1,54

1884 wieder erreicht oder überschritten. Diese als abnorm zu bezeichnende Steigerung konnte nur durch das Zusammenwirken besonders günstiger Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse entstanden sein. Indem wir zu erkennen suchen, wodurch die letzteren sich von den übrigen Jahren auszeichnen, erhalten wir einen Anhaltspunkt zur Beurteilung unserer Frage. Durch weiteren Vergleich mit dem Wachstum der übrigen Jahre haben wir dann unser Urteil zu prüfen.

I. Einflufs der Lufttemperatur.

Für die Lufttemperatur kamen zunächst die Mitteltemperaturen der einzelnen Monate in Betracht, welche durch Tabelle 43 wieder gegeben werden. Dieser schliefst sich Tabelle 44 an, in welcher die Abweichungen der einzelnen Monatsmittel vom 22jährigen Durchschnitt verzeichnet sind. (S. vorstehende Tab. 43, 44).

Bei der Betrachtung der Temperaturen müssen berücksichtigt werden: 1. die Temperaturen jener Monate (Mai bis August), in denen das Dickenwachstum vor sich geht, 2. die Temperaturen vor Beginn des Wachstums, weil hiervon jene Veränderungen und chemischen Umwandlungen abhängig sind, welche den Beginn der Wachstumsthätigkeit einleiten und somit die Länge der Vegetationszeit beeinflussen können (Januar bis April). Die Temperaturen nach Abschlufs des Wachstums könnten selbstverständlich nur auf den Zuwachs des nächsten Jahres von Einfluls sein, indem bei einer weiter ausgedehnten Vegetationszeit die Menge der Reservestoffe eine gröfsere ist. Auf die letzteren Temperaturen einzugehen war nicht notwendig, nachdem es mir gelungen war, die Temperaturen vor Beginn des Wachstums als für die Zuwachsgröfse mafsgebend zu erkennen.

Die Temperaturen während des Wachstums mögen ja eine Verlangsamung oder eine Beschleunigung des Wachstums hervorbringen können für die Summe des Zuwachses, in den verschiedenen Jahren sind dieselben jedoch nicht bestimmend, sondern nur die Temperaturen der dem Wachstum vorausgehenden Monate.

In dem von uns zu betrachtenden Zeitraum 1880—1897 fallen die durch starkes Wachstum ausgezeichneten Jahre 1882 und 1884 dadurch auf, dafs in den Monaten Januar, Februar und März die Mitteltemperatur durchwegs über 0° ist (Tab. 43). Die Temperatur dieser Monate übersteigt, wie aus Tab. 44 ersichtlich ist, das 22jährige Mittel sehr beträchtlich. Nehmen wir dagegen die Jahre mit veringertem Wachstum 1886, 1888 und 1889, so sehen wir hier die Temperatur der Monate Januar bis März durchwegs unter Null und zumeist auch niedriger als das 22jährige Mittel. Auch jene Jahre, in welchen das Mittel zweier Monate unter 0° sinkt, zeigen schon ein geringeres Wachstum.

Am deutlichsten tritt der Unterschied hervor, wenn wir die Abweichungen der Monatsmittel für Januar bis März von dem 22jährigen Mittelwerte addieren. Während 1882 und 1884 eine Abweichung von + 9,5 resp. 10,7° zeigen, betragen dieselben bei 1886, 1888 und 1889 — 6,2 resp.

— 6,4 und — 5,8°. Auch in den übrigen weniger ausgeprägten Fällen haben jene Jahre, welche das 22jährige Mittel überschreiten, zumeist ein gröfseres Wachstum als jene, welche stärker hinter demselben zurückbleiben, doch ist die Übereinstimmung keine so vollständige. Wir verweisen speziell auf das Verhalten der Jahre 1890 und 1891. Im Jahre 1890 ist die Temperatur von Januar bis März 4,9° wärmer als das 22jährige Mittel, 1891 bleibt um ein geringes (— 0,3°) hinter diesem zurück und trotzdem ist der Zuwachs 1891 gröfser als 1890.

Die Ursache dieser Abweichungen liegt darin, dafs die Wirkung der Temperatur in den einzelnen Monaten nicht gleichwertig ist. Durch eine höhere Januartemperatur kann der Einflufs einer niedrigen Märztemperatur nicht ausgeglichen werden.

Mitteltemperaturen für längere Zeiträume und so auch die Monatsmittel werden nicht immer genügen, um den Einflufs der Temperatur auf das Wachstum richtig zu erkennen. Ich habe daher, um den Gang der Temperatur in den einzelnen Jahren näher zu verfolgen, in Tabelle 45 die fünftägigen Mittel der für uns wichtigen Monate Januar bis April wiedergegeben.

Ein Blick auf Tabelle 45 zeigt uns sehr deutlich das abnorme Verhalten des Jahres 1884. Nur zwei 5tägige Perioden, vom 1. bis 5. Januar und vom 15. bis 19. Februar weisen eine Mitteltemperatur unter 0° auf, während die übrigen Perioden durchweg eine Temperatur über 0° haben. Das Jahr 1884 hat sich demnach durch einen aufserordentlich milden Winter ausgezeichnet, in welchem länger dauernde oder stärkere Frostperioden überhaupt fehlen. Die Temperatur im Jahre 1884 ist günstiger als in allen anderen Jahren, woraus sich erklären läfst, warum auch das Wachstum hier das der übrigen Jahre so wesentlich überragt. Es ist nicht nur die starke Erhebung der Temperatur in einzelnen Perioden, sondern die gleichmäfsige Wärme, welche diesen günstigen Einflufs ausgeübt hat. Zur Charakterisierung dieses Jahres möchte ich noch angeben, dafs nach den Beobachtungen der forstlich-meteorologischen Station das Mittel der Lufttemperatur [1]) im Januar nur an 3 Tagen, im Februar an 4 Tagen, im März an 3 Tagen unter 0° sank. In den Beobachtungsergebnissen dieser Station heifst es: der Januar zeichnete sich durch aufsergewöhnlich milde Temperatur aus, ebenso der Februar, ferner der Monat März war aufser der ersten Dekade durch aufsergewöhnlich hohe Temperatur ausgezeichnet, besonders in der zweiten Dekade, während welcher der Himmel meist wolkenlos war, stieg die Temperatur bis zu einer ungewöhnlichen Höhe.

War die Anschauung gerechtfertigt, dafs die aufsergewöhnlich hohe und gleichmäfsig warme Temperatur der Monate Januar bis März als die Ursache des starken Wachstums im Jahre 1884 anzusehen war, so mufsten diejenigen Jahre, welche ein zeitiges Frühjahr hatten und bei denen die Frostperioden nicht über den Anfang des Februar hinausgingen, ebenfalls

---

[1]) Aus Maximum und Minimum.

Tab. 45. Lufttemperatur (Feldstation

Monat	Tage	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884
Januar	1—5	**— 5,9**	**— 5,0**	5,1	2,0	1,0	3,6	**— 1,8**	2,5	2,5	**— 2,3**
	6—10	**— 2,2**	**—10,3**	7,2	**— 0,0**	**— 7,6**	1,2	**— 3,7**	4,3	**— 4,6**	3,6
	11—15	1,6	**— 6,3**	**— 0,4**	**— 7,2**	**— 7,3**	**— 1,2**	**—10,9**	**— 1,3**	**— 5,3**	2,7
	16—20	6,7	**— 0,5**	0,4	0,1	**— 4,0**	**— 7,7**	**—10,4**	**— 1,1**	**— 0,2**	4,0
	21—25	1,7	0,0	0,0	3,1	**— 6,4**	**— 3,1**	**—10,4**	0,6	**— 1,9**	4,0
	26—30	**— 2,6**	**— 1,9**	**— 1,5**	**— 1,3**	**— 1,6**	**— 6,6**	**— 3,3**	**— 0,6**	1,6	4,6
Februar	31—4	**— 0,2**	**— 2,4**	0,3	**— 2,2**	**— 9,4**	**— 4,5**	0,7	**— 4,5**	2,9	5,0
	5—9	**— 3,5**	**— 2,2**	4,0	2,7	2,5	**— 2,5**	0,2	0,7	**— 0,2**	4,3
	10—14	**— 6,1**	**— 4,9**	**— 1,0**	**— 0,3**	3,5	**— 0,9**	**— 3,1**	1,1	2,2	4,3
	15—19	**— 6,2**	4,5	3,1	5,5	0,2	**— 0,7**	**— 3,4**	3,8	**— 1,2**	**— 0,4**
	20—24	**— 6,8**	5,3	2,3	5,2	**— 2,8**	3,1	**— 1,1**	4,1	2,9	5,5
	25—1	**— 7,7**	3,2	**— 1,2**	5,9	0,7	2,2	**— 1,9**	6,8	3,2	1,6
März	2—6	**— 4,6**	5,9	**— 2,5**	7,5	1,9	5,9	**— 5,5**	6,0	0,2	2,0
	7—11	2,5	3,9	**— 3,6**	2,4	4,8	5,7	3,5	8,1	**— 3,6**	0,1
	12—16	1,9	4,7	2,3	**— 0,2**	**— 1,1**	**— 2,2**	**— 0,2**	6,6	**— 6,4**	8,3
	17—21	**— 1,8**	0,8	2,5	3,3	**— 0,9**	0,1	4,9	8,8	**— 1,5**	8,4
	22—26	**— 1,5**	0,9	3,9	1,3	**— 2,9**	2,1	2,1	4,6	**— 2,8**	3,5
	27—31	3,9	5,9	7,4	4,6	2,2	4,9	4,0	8,0	1,2	5,6
April	1—5	7,7	9,0	5,9	5,5	10,2	7,3	0,5	7,0	4,1	7,4
	6—10	11,5	9,5	11,2	5,3	6,6	5,1	3,0	4,3	3,7	7,0
	11—15	5,3	4,7	6,3	12,3	3,3	9,1	7,9	5,6	4,9	6,0
	16—20	6,1	10,4	3,7	12,7	4,3	15,8	8,9	7,9	6,6	3,5
	21—25	5,7	9,5	2,0	11,2	8,3	11,9	5,4	12,8	7,3	4,5
	26—30	8,4	9,7	7,3	10,7	4,5	6,5	6,1	10,3	8,0	6,8

ein starkes Wachstum aufweisen. Den Temperaturverhältnissen des Jahres 1884 stehen am nächsten die Temperaturen der Jahre 1882 und 1891 (vergl. Tab. 45). In der That finden wir in diesen Jahren sehr beträchtliche Erhebungen der Zuwachsgröfse. Der Januar zeigt 1882 drei, 1891 5 Pentaden mit einem Mittel unter 0°, der Februar jedoch nur noch eine resp. 2 Pentaden unter 0°, vom 5. Februar 1882 resp. vom 15. Februar 1891 an bleibt das Temperaturmittel über 0°. Jene Vorgänge in der Pflanze, welche durch eine höhere Temperatur angeregt wurden, konnten demnach ohne weitere Störung zur Geltung kommen.

Die Tabelle 45 erklärt es uns auch, warum das Jahr 1891, trotzdem die Mitteltemperatur aus den Monaten Januar bis März niedriger war als im Jahre 1890, doch einen gröfseren Zuwachs aufweist, als dieses letztere Jahr. Waren im Januar 1890 durch die relativ hohe Temperatur in der Pflanze bestimmte Vorgänge angeregt worden, so sind dieselben durch die lange Kälteperiode vom 31. Januar bis 6. März wieder zum Stillstand gekommen und wenn der März auch sehr hohe Temperaturen aufweist, so

Eberswalde) fünftägige Mittel.

1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897
— 1,5	4,2	**— 3,8**	**— 8,9**	**— 8,5**	**— 2,9**	**— 9,8**	2,0	**— 9,5**	**— 9,9**	**— 3,3**	**— 2,7**	0,8
— 1,7	**— 4,3**	**— 6,8**	1,6	**— 5,4**	3,6	**— 8,1**	**— 1,6**	**—12,7**	**— 6,7**	**— 5,5**	**— 2,2**	**— 7,4**
1,0	**— 5,9**	**— 5,0**	**— 0,7**	**— 8,4**	2.3	**— 1,9**	**— 5,0**	**—11,4**	**— 6,5**	**— 3,4**	0,3	**— 3,0**
— 4,7	**— 1,2**	**—11,3**	**— 4,2**	**— 4,5**	2,4	**— 8,4**	**—10,0**	**—17,9**	3,7	0,6	1,2	**— 2,0**
— 8,6	**— 3,6**	1,4	2,0	**— 0,4**	2,2	**— 2,5**	**— 6,7**	**— 6,2**	3,2	**— 1,4**	0,2	**— 4.8**
— 0,4	1,1	2,5	**— 1,5**	1,8	2,3	2,5	3,3	**— 2,5**	2,1	**— 9,0**	**— 3,1**	**— 3,2**
4,5	0,8	2,5	**— 5,6**	2,8	**— 2,3**	2,6	3,5	**— 0,5**	4,2	**— 2,9**	3,1	**— 6,4**
1,8	**— 6,0**	1,0	**— 2,7**	**— 2,2**	**— 1,1**	**— 1,0**	0,5	**— 2,0**	5,7	**—12,2**	3,4	**— 7,6**
— 0,6	**— 4,3**	**— 3,1**	0,9	**— 6,6**	**— 2,2**	**— 2,1**	0,4	2,2	4,2	**—10,0**	4,3	0,6
6,4	**— 4,0**	**— 6,7**	**— 0,8**	0,8	**— 2,7**	2,1	**— 6,2**	5,3	**— 2,5**	**— 2,7**	**— 0,9**	**— 0,5**
— 0,9	**— 3,5**	0,8	**— 6,7**	**— 1,8**	**— 2,0**	0,3	3,9	**— 0,2**	**— 2,4**	**— 0,6**	**— 3,0**	5,1
4,1	**— 8,7**	3,9	**— 6,6**	**— 3,3**	**— 4,4**	2,9	1,3	4,2	4,9	**— 0,7**	**— 1,5**	6,2
2,2	**— 3,2**	5,1	**— 5,7**	**— 7,0**	**— 5,7**	5,9	**— 5,7**	2,7	3,3	**— 3,3**	5,7	4,8
1,9	**— 7,8**	3,5	3,1	**— 2,2**	3,8	6,1	**— 2,5**	3,9	4,7	**— 0,9**	2,6	2,5
2,9	**— 1,7**	**— 1,6**	**— 8,2**	**— 0,9**	7,9	4,4	0,8	8,9	5,5	1,7	0,9	3,8
5,0	**— 2,7**	**— 1,9**	**— 3,2**	2,8	10,7	2,8	3,3	1,4	4,5	3,5	10,4	7,1
0,6	4,6	5,5	2,6	4,4	9,1	1,0	5,5	4,5	6,1	5,0	13,2	8,0
5,7	11,4	4,4	7,9	4,0	10,9	1,8	5,3	4,5	7,8	6,8	4,8	7,2
6,5	10,6	5,9	2,9	3,6	5,7	1,4	10,3	8,3	8,0	3,5	3,2	4,0
8,0	9,6	6,4	1,7	5,3	8,5	6,3	8,7	8,8	9,3	7,9	7,3	6,0
5,6	6,0	7,1	5,5	6,9	5,0	4,1	5,4	5,6	9,6	8,0	6,6	9,2
9,0	10,2	5,9	11,0	6,0	10,9	6,3	5,5	6,9	12,7	9,7	6,2	7,7
15,5	10,9	10,7	10,7	12,4	9,9	6,1	7,6	9,6	9,7	14,6	7,9	6,9
15,3	9,4	14,0	7,7	16,2	10,2	8,8	6,7	8,1	12,4	13,9	12.1	16,4

konnte die durch den kalten Februar bedingte Verzögerung nicht wieder ausgeglichen werden.

Im Gegensatz zu den Jahren mit günstigem Wachstum zeigen die Jahre mit geringem Wachstum durchwegs eine lange Dauer der Kälteperioden. An den Kurven des Flächenwachstums auf den Tafeln V—VIII erkennt man durchwegs den im Vergleich zu 1882 und 1884 geringeren Zuwachs von 1881 und 1883. Im Jahr 1881 endigen die Pentaden unter 0° mit dem 16. März, 1883 erst mit dem 26. März; dafür liegen 1883 zwischen den Kälteperioden einige Pentaden mit Temperaturen über 0°, so dafs das spätere Eintreten der warmen Witterung hierdurch zum Teil ausgeglichen wird. Das Jahr 1885 zeigt im Vergleich zu 1884 ein geringeres, aber doch noch beträchtliches Wachstum, die letzte Kältepentade schliefst mit dem 24. Februar ab, 1885 hatte demnach noch immer ein zeitiges Frühjahr, und im Zusammenhang damit einen relativ grofsen Zuwachs. In den Jahren 1886 bis 1889 hörte die Winterkälte erst relativ spät auf, wir finden dementsprechend eine auffallende Verminderung der Wachstums-

grölse. Bei einzelnen Stämmen zeigt sich 1887 eine Hebung der Wachstumskurve und gerade hier sehen wir länger dauernde Wärmeperioden zwischen den kälteren Perioden auftreten, auf deren Wirkung diese Hebung zu setzen ist. Wenn 1887 die Vermehrung des Zuwachses nicht überall eintritt, so mag dies wohl auf individuelle oder lokale Ursachen zurückzuführen sein. Kurz dauernde wärmere Zeiträume vermögen hier ebensowenig die ungünstige Wirkung der lange dauernden Kälte aufzuheben, wie 1884 die kurze Kälteperiode Mitte Februar den günstigen Einfluſs der warmen Witterung gehemmt hat.

Wenn das Jahr 1890 einen gröſseren Zuwachs als 1889 aufweist, so macht sich hier die um 2 Pentaden früher eintretende Wärme geltend, doch kann auch die Höhe der Temperatur im März mitgewirkt haben; während 1889 in der Zeit vom 17.—31. März die mittlere Temperatur der Pentaden zwischen 2,8—4,4° schwankte, ist 1890 in derselben Zeit die Mitteltemperatur 9,1—10,9°.

Nach den günstigen Temperaturverhältnissen des Jahres 1891 erweist sich 1892 etwas weniger günstig, indem die Mitteltemperatur zwischen dem 15.—19. Februar, sowie zwischen dem 2.—11. März —6,2 resp. —5,7 und —2,5° beträgt, doch beginnt dafür die Temperaturerhöhung schon am 26. Januar. Die Gesamtwirkung ist, daſs mit Ausnahme der Kiefern 2 und 16 das Wachstum 1892 geringer ist als 1891. Im Jahre 1893 zeigen die Wachstumskurven durchwegs ein Herabgehen. Wir haben hier zwar auſserordentlich niedere Temperaturen im Januar, dafür aber doch einen relativ frühen Beginn höherer Temperaturen. Der Einfluſs der Temperatur tritt 1893 nicht so in den Vordergrund, weil dies Jahr durch eine abnorme Trockenheit ausgezeichnet ist und hierdurch der Einfluſs der Temperatur verdeckt wird. Immerhin können die besonders niederen Temperaturen des Januar hemmend auf die dem Wachstum vorausgehenden Prozesse gewirkt haben. Bei 1894 ist ebenso wie im Vorjahre die Pentade vom 20. bis 24. Februar die letzte mit einem Mittel unter 0°, dafür sind aber die vorausgehenden Zeiten wesentlich wärmer, daher auch das gröſsere Wachstum im Jahre 1894. Einzelne Kiefern machen hiervon jedoch eine Ausnahme; so fanden wir bei Nr. 22 und Nr. 15 eine Abnahme, während die denselben Beständen angehörigen Kiefern Nr. 20 und Nr. 14 gleichzeitig eine Zunahme aufweisen.

Die Kiefern Nr. 22 und 15 stehen unterdrückt, Nr. 20 und 14 sind herrschende Stämme. Ob nun gerade die unterdrückten Stämme durch die groſse Trockenheit 1893 wegen ihres geringeren Wurzelsystems mehr gelitten haben, durch die Trockenheit vielleicht ein Teil der Wurzeln abgestorben ist, erscheint als möglich, ist jedoch nicht wahrscheinlich, da die unter Druck stehenden Bäume der viel trockeneren Jagen 213 und 248 diese Abweichung nicht zeigen. Bei den Kiefern Nr. 14 und 15 des Jagens 204 hat vielleicht die Nonne mitgewirkt, welche 1893 in dem benachbarten Jahre 205 gefressen hat. Wie wir früher (Seite 62) erörtert haben, leiden unterdrückte Stämme mehr als reichbenadelte herrschende Stämme, daher

könnte Kiefer 15 1894 infolge eines vorausgehenden Fraſses etwas geringeres Wachstum zeigen. Daſs auch herrschende Stämme 1894 eine Verminderung aufgewiesen haben, zeigen die Kiefern 18, 26 und 27; den Grund dieser Abweichung vermag ich nicht anzugeben.

Der Zuwachs in den Jahren 1895—1897 wurde nur bei einem Teil der Stämme gemessen, ich verzichte daher näher auf diese Jahre einzugehen: 1895 zeigt zumeist ein geringeres Wachstum als 1894 und 1896, was bei der lange dauernden konstanten Kälte in diesem Jahre erklärlich ist; 1896 und 1897 gehören, was den Beginn der Wärme anbelangt, zu den Mitteljahren; 1896 hat unzweifelhaft eine günstigere Temperatur als 1895, dem die überall auftretende Wachstumszunahme entspricht.

Aus der vorstehenden Untersuchung folgt mit Sicherheit, daſs die Temperatur der Monate Januar bis März auf die Gröſse des Zuwachses einen ausschlaggebenden Einfluſs ausübt. In den Jahren, welche auſsergewöhnliche Temperaturverhältnisse aufweisen, finden wir durchwegs bei zeitigem Beginn der Wärme ein starkes, bei spätem Eintritt der Wärme ein geringes Wachstum. In den Jahren mit schwankenden Temperaturverhältnissen können sich leichter individuelle und lokale Umstände geltend machen, welche das Wachstum steigern oder herabmindern.

Wir wenden uns nun zu den übrigen Monaten. Da sich die dem Wachstum vorausgehenden Prozesse in der Pflanze schon bei der niedrigeren Temperatur des Februar und März abspielen, werden dieselben durch die höhere Temperatur des April sicherlich keine Hemmung erfahren. Inwieweit eine höhere Apriltemperatur den Beginn des Wachstums in einzelnen Jahren beschleunigen kann, ist nicht untersucht, doch ist es wahrscheinlich, daſs bei früh eintretender Wärme ebenso wie die äuſserlich sichtbaren Vorgänge der Blattentwickelung und Streckung der Triebe auch das Dickenwachstum in den einzelnen Jahren verschieden zeitig beginnen kann. Auch in einem Jahre mit relativ lang anhaltender Kälte wie 1895 beginnt das Wachstum, wie ich mich durch einige Beobachtungen überzeugte, schon Ende April, es ist deshalb nicht unwahrscheinlich, daſs in günstigeren Jahren schon Mitte April oder eventuell schon Anfang April die ersten das Dickenwachstum einleitender Zellteilungen auftreten. Wir sind demnach berechtigt, den April zu jenen Monaten zu rechnen, in denen Dickenwachstum stattfindet, wenn dasselbe auch noch nicht sehr ausgiebig ist. Es würde sich aber an dem Folgenden auch nichts wesentlich ändern, wollten wir den April ganz vernachlässigen. Den Abschluſs erreicht das Dickenwachstum des Stammes im groſsen und ganzen Ende August, wenn auch vielleicht die letzten Zellteilungen noch in den Anfang des September fallen können. Wir sind daher berechtigt, die Monate April bis August als die Zeit des Dickenwachstums anzusehen.

Das Mittel der Temperatur für die Monate April bis August (Tab. 43) zeigt keine Übereinstimmung mit dem Gang des Dickenwachstums. Bei gleicher oder fast gleicher Höhe des Temperaturmittels in verschiedenen Jahren finden wir sehr verschieden groſses Wachstum. Besonders möchte

ich auf die Jahre 1881—1884 verweisen, von denen 1882 und 1884 eine so auffallende Steigerung, 1881 und 1883 eine Depression des Wachstums aufweisen, trotz gleicher Höhe des Temperaturmittels. Das Jahr 1888 hat die niedrigste, 1889 die höchste Mitteltemperatur in dem ganzen Zeitraum von 22 Jahren. Wenn die Temperatur der Monate April bis August einen Einfluſs auf das Gesamtwachstum gehabt hätte, so hätte dies bei dem extremen Verhalten beider Jahre doch hervortreten müssen, statt dessen zeigen beide Jahre beinahe dieselbe Depression des Zuwachses.

Da in den Monaten Mai und Juni das Wachstum am lebhaftesten ist,[1]) könnten wir diese Monate noch gesondert betrachten. Das Mittel aus den Monaten Mai—Juni zeigt in den Jahren 1882 und 1884 niedere Werte. im Jahre 1889 eine auffallend hohe Mitteltemperatur, in den übrigen Jahren zeigen ebenfalls die Jahre mit stärkerem Wachstum eine Hinneigung zu einem niedrigeren Mittel, bei schwachem Wachstum zu einem höheren Mittel. Dies ist jedoch keineswegs streng und regelmäſsig durchgeführt. Zu einem ähnlichen Resultate gelangen wir, wenn wir das Mittel aus den Monaten April bis Juni oder die Temperatur des Juni allein betrachten. Ein höheres Temperaturmittel fällt häufig mit einer Depression des Wachstums zusammen (vergl. Tab. 43).

Es wäre voreilig, daraus auf einen Einfluſs der Temperatur auf das Wachstum zu schlieſsen und anzunehmen die höhere Temperatur habe direkt, indem das Optimum überschritten ist, hemmend auf den Zuwachs gewirkt. Daſs das Optimum für die in Licht befindlichen Teile der Kiefer wesentlich tiefer als bei anderen Pflanzen unserer Klimate liege, ist unwahrscheinlich. Es scheint mir daher richtiger zu sein, den Zusammenhang zwischen einer höheren Mitteltemperatur in den Monaten Mai—Juni und einer ziemlich unregelmäſsig auftretenden Verminderung des Zuwachses auf die Regenmenge in diesen Jahren zurückzuführen. Je höher die Mitteltemperatur eines dieser Monate ist, desto gröſser wird im allgemeinen die Zahl der heiſsen und zugleich regenfreien Tage sein. Thatsächlich sind jene Monate mit erhöhter Mitteltemperatur besonders regenarm.

Eine andere Erwägung spricht noch dafür, daſs die Temperatur in den Monaten Januar bis März und nicht in den Monaten April bis August für die Gröſse des Zuwachses maſsgebend ist. Betrachten wir an der Hand der Tabelle 44 die Abweichungen der einzelnen Monate vom durchschnitt-

---

[1]) Joseph Friedrich (Über den Einfluſs der Witterung auf den Baumzuwachs in Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs 1897, S. 154) giebt an, daſs Pinus silvestris den Jahresring sehr rasch aufbaue, vom Beginn des Zuwachses soll der Zuwachs bis gegen Ende Mai rapid zunehmen, dann unbedeutend bis gegen Mitte Juni sinken und im Juli zum zweitenmale ein Maximum zeigen, dann ziemlich rasch abnehmen und Mitte August scheinbar ganz aufhören. Die von Friedrich angewendete Methode, den Zuwachs durch die Veränderungen des Baumumfangs am lebenden Stamm zu messen, ist unsicher, da durch den Wassergehalt des Holzkörpers eventuell auch der Rinde Dimensionsänderungen entstehen, welche den Gang des Wachstums verdecken. Wenn im Winter bei länger andauerndem Frost (l. c. S. 155) der Baumumfang um die Gröſse einer Jahresringbreite vermindert werden kann, können auch Trockenperioden im Anfang Juni die Anschauung hervorrufen, als ob das Wachstum in dieser Zeit langsamer ansteige.

lichen Mittelwerte für den Zeitraum von 1876—97, so sind die Verschiedenheiten der einzelnen Jahre in den Monaten Januar bis März durchschnittlich wesentlich gröſser als in den Monaten April bis August.

Während die durchschnittlichen Abweichungen vom 22jährigen Mittel Januar bis März 2,08, 1,83 und 1,97° betragen, sinken dieselben Abweichungen in den Monaten April bis August von 1,32° auf 0,64°.

In analoger Weise nehmen die Differenzen zwischen dem höchsten und niedrigsten Monatsmittel ab (Tab. 43), doch macht hier der Mai eine Ausnahme.

Den gröſseren Temperaturdifferenzen der Anfangsmonate in den einzelnen Jahren entspricht dann auch das verschiedene Wachstum, während in den Sommermonaten die gröſsere Gleichartigkeit der Verhältnisse keine Wachstumsunterschiede hervorruft. Es kommt aber noch hinzu, daſs für die Pflanze eine Differenz zwischen — 4,9° und + 3,3° (Februar) eine viel gröſsere Bedeutung hat als z. B. eine Differenz zwischen 15,0 und 19,4° (August). Jeder Vorgang in der Pflanze beginnt erst mit einem gewissen Schwellenwert der Temperatur, es handelt sich daher in den Anfangsmonaten darum, wann dieser Schwellenwert überschritten wird. In den Sommermonaten dagegen reichen die Temperaturen zur Unterhaltung der betreffenden Vorgänge sicher immer aus und wenn auch zeitweise eine Funktion durch eine etwas niedrigere Temperatur verlangsamt wird, so kann dies durch darauf folgende höhere Temperatur wieder ausgeglichen werden.

Ich habe bei der Untersuchung des Temperatureinflusses die Mittelwerte einzelner Monate, sowie mehrerer Monate zusammen durch Kurven dargestellt und hierdurch eine bessere Übersicht zum Zwecke des Vergleichs mit den Wachstumskurven gewonnen. Um die meiner Arbeit beizugebende Tafelnzahl nicht unnötig zu vermehren, verzichte ich auf die Wiedergabe der betreffenden Temperaturkurven. Nur auf eins möchte ich aufmerksam machen. Will man den Temperatureinfluſs in den Monaten Januar bis März durch eine Kurve darstellen, so genügt es nicht, einfach das Mittel aus diesen Monaten zu nehmen, da die Bedeutung der einzelnen Monate nicht gleichwertig ist. Sehr wesentlich ist das stärkere Ansteigen der Temperatur im Februar, man erhält daher ein genügendes Bild der Temperaturwirkung, wenn man den Durchschnitt aus dem Temperaturmittel des Januar, dem doppelten Mittel des Februar und dem einfachen Mittel des März nimmt (Tab. 43). Ein vielleicht noch mehr geeignetes Resultat erlangt man, wenn man die Januartemperatur einfach, die Februartemperatur dreifach, die Märztemperatur zweifach nimmt und hieraus den Durchschnitt zieht. Eine wesentliche Veränderung erleidet die Temperaturkurve jedoch durch diese Rechnungsweise nicht. Bis zu einem gewissen Grade wird jede derartige Darstellung der Temperaturwirkung jedoch mangelhaft bleiben.

Überblicken wir die gefundenen Resultate, so ergiebt sich, daſs durch den frühen Eintritt höherer Temperatur die Zeit des Wachstums verlängert

wird und mit dieser Ausdehnung der Wachstumszeit eine Vergröfserung des Gesamtzuwachses eines Jahres herbeigeführt wird. Eine Ausdehnung der Wachstumszeit durch längere Erhaltung der Wachstumsfähigkeit infolge günstiger Temperaturverhältnisse scheint nicht möglich zu sein. Das Dickenwachstum hört im Stamm zu einer Zeit auf, wo die Temperatur noch ein lebhaftes Wachstum gestatten würde, denn die mittlere Monatstemperatur für Eberswalde (Mittel aus den Jahren 1896—1897) beträgt im September 14,2°, während der Mai mit lebhaftem Wachstum nur eine mittlere Temperatur von 12,6° aufweist.

Mit der Anschauung, dafs durch den früheren Eintritt der dem Wachstum vorausgehenden Prozesse die Länge der Wachstumsperiode eine gröfsere Ausdehnung erfährt und hierdurch der gröfsere Zuwachs eines Jahres zu erklären sei, stimmen auch die Thatsachen überein, welche uns über das Dickenwachstum der Bäume im Gebirge vorliegen. Je höher wir im Gebirge emporsteigen, desto geringer wird der Zuwachs und zwar bezieht sich dies nicht nur auf das Dickenwachstum, sondern auch auf das Längenwachstum. Allerdings sind hierbei auch noch andere Faktoren beteiligt, eine sehr wesentliche Ursache des geringeren Wachstums liegt aber in der Verkürzung der Vegetationszeit und in dem späten Eintritt höherer Temperaturen. Eine Anpassung an diese besonderen Verhältnisse, die Bildung besonderer Varietäten kann allerdings die Wirkung der einzelnen Ursachen verschieben und so möchte ich nicht ohne weiteres behaupten, dafs immer der kürzeren Vegetationsperiode, sei es nun im Gebirge oder in nördlich gelegenen Ländern, ein schwaches Wachstum entspricht.

Im Zusammenhang mit dem oben Gesagten ist noch auf eine andere Erscheinung aufmerksam zu machen. Es ist bekannt, dafs die Ertragstafeln für die Kiefer aus den einzelnen Teilen Deutschlands nicht dieselben Massen für ein bestimmtes Alter aufweisen, weshalb man an Stelle allgemeiner Ertragstafeln zur Aufnahme von Lokalertragstafeln geschritten ist. Es kann nicht meine Aufgabe sein, die Ursachen der Abweichungen im einzelnen zu erörtern, ich möchte jedoch als einen sehr wesentlichen Faktor für die Gröfse des Massenzuwachses den Gang der Temperatur ansehen. Analoge Verhältnisse, wie sie bei uns im Jahre 1882 und 1884 vereinzelt auftraten, können sich in anderen Gebieten häufig wiederholen, der Effekt wird sein, dafs der Zuwachs in einer bestimmten Zeit wesentlich gröfser ist. Ebenso wird natürlich bei einem Klima, wie es den Jahren 1888 und 1889 entspricht, die zugewachsene Masse sehr viel kleiner ausfallen. Diese Anschauung wird bestätigt durch eine Angabe von A. Schwappach.[1]) Der Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten hatte die Ertragsklassen der Kiefer durch den Massenvorrat im Alter von 100 Jahren charakterisiert und dementsprechend fünf Bonitäten unterschieden. Bei den Bonitäten I—V sind im 100jährigen Alter 700 resp. 550, 420, 300

---

[1]) A. Schwappach, Wachstum und Ertrag normaler Kiefernbestände in der norddeutschen Tiefebene. Berlin 1889 S. 16.

und 200 Festmeter zugewachsen, nach diesem Vorrat sollte die Aufstellung der Bonitätsklassen vorgenommen werden. Bei Schwappachs Untersuchungen trat nun die interessante Erscheinung hervor, daſs Bestände I. Bonität im Sinne der erwähnten Vereinbarungen in Preuſsen nur in untergeordneter Anzahl existieren, obgleich die Probeflächen alle wichtigeren Standortsverhältnisse für das Alter von 100 Jahren repräsentierten.

Es ist sehr schwer, in verschiedenen Gegenden unter sonst vollständig gleichen Verhältnissen gewachsene Bestände zu finden und auf diesem Wege den Einfluſs des Klimas festzustellen. Wir können jedoch die Maximalleistungen vergleichen und finden dann, daſs die besten Bonitätsklassen in Baden, Württemberg und Hessen gröſsere Massenerträge liefern, als in der norddeutschen Tiefebene zu finden sind. Da die Kiefer in Bezug auf die mineralischen Bestandteile des Bodens eine sehr anspruchslose Holzart ist, sind die Unterschiede sehr wahrscheinlich nicht durch die Bodenbeschaffenheit in den verschiedenen Gebieten bedingt, auch die Betriebsart dürfte keine derartigen Unterschiede herbeigeführt haben. Dagegen zeichnen sich Baden, Württemberg und Hessen im Gegensatz zu den von Schwappach hauptsächlich untersuchten Gebieten östlich der Elbe durch ein zeitigeres Frühjahr aus und da wir gesehen haben, welch groſser Einfluſs der Temperatur in den Anfangsmonaten des Jahres zukommt, so ist es gerechtfertigt, diesen Faktor als wesentlich für die Erklärung der Unterschiede der einzelnen Lokalertragstafeln anzusehen.

In ähnlicher Weise lassen sich vielleicht die gefundenen Thatsachen in pflanzengeographischer Beziehung weiter verwerten.

2. Einfluſs der Bodentemperatur.

Die Temperaturen des Erdbodens[1]) sind in hohem Grade von lokalen Verhältnissen abhängig, es ist infolgedessen nicht zulässig, eine örtliche Beobachtungsreihe als Durchschnittswert selbst für ein nur beschränktes Gebiet anzusehen. Nach Ramann[2]) können die lokalen und im Boden selbst liegenden Einflüsse oft bedeutender werden als selbst erhebliche klimatische Unterschiede. Die im folgenden wiedergegebenen Bodentemperaturen stellen demnach nur einen Spezialfall dar, der uns von den Verschiedenheiten in der Bodentemperatur der einzelnen Jahre eine Vorstellung geben soll. Es handelt sich dabei um einen mäſsig feuchten, etwas humosen Sandboden in einem älteren, ziemlich dichten Kiefernbestande, Verhältnisse wie sie annähernd bei den von mir untersuchten Kiefern auf mäſsig feuchtem Boden zu finden sind.

In den Tabellen 46—49 führe ich nur die Temperaturen in 0,6 und 1,2 m Tiefe an, die oberen Bodenschichten kommen für die das Wasser aufnehmenden Wurzeln älterer Pflanzen nicht in Betracht. Auſserdem weist gerade die Oberflächentemperatur des Bodens ganz besonders starke

[1]) Vergl. E. Ramann, Forstliche Bodenkunde und Standortslehre 1893 S. 88 ff.
[2]) l. c. S. 95.

Tab. 46. Mittlere Bodentemperaturen (C°) in

	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887
Januar	1,2	3,1	2,5	2,8	1,6	2,2	3,1	2,4	3,9	2,6	2,3	1,9
Februar	0,9	2,7	3,0	2,0	1,1	1,2	2,4	1,8	4,4	2,2	1,2	1,5
März	2,9	2,4	3,9	2,1	2,9	1,2	5,3	1,6	4,5	3,3	0,2	2,1
April	5,9	5,0	6,5	4,3	6,3	3,7	6.6	3,4	5,8	6,1	4,1	4,8
Mai	7,3	7,3	10,0	7,6	8,7	7,8	9,2	8,2	9,6	8,5	8,0	8,8
Juni	12,5	13,1	12,7	12,4	12,5	11,5	12,4	12,6	11,8	12,4	12,0	11,6
Juli	14,5	14,9	14,2	13,7	14,9	14,5	15,0	14,6	15,3	14,7	13,6	14,6
August	15,2	15,8	15,4	15,3	15,1	14,2	14,7	14,3	15,1	14,0	14,5	14,6
September	13,0	13,0	14,5	14,1	14,2	13,0	13,9	13,9	14,2	13,0	14,9	13,6
Oktober	11,6	9,2	11,6	10,5	10,2	8,6	10,3	11,0	11,0	10,1	10,8	9,5
November	5,8	7,9	7,2	6,2	6,4	6,3	6,7	7,6	6,8	5,7	7,5	6,5
Dezember	4,3	4,8	4,4	1,7	5,0	4,3	3,5	4,8	4,6	3,6	4,6	4,4
Februar bis April	3,2	3,4	4,5	2,8	3,4	2,0	4,8	2,3	4,9	3,9	1,8	2,8
Mai bis August	12,4	12,8	13,1	12,3	12,8	12,0	12,8	12,4	14,0	12,4	12,0	12,4

Tab. 47. Mittlere Bodentemperaturen (C°) in

	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887
Januar	2,6	4,3	4,8	5,6	3,3	4,1	4,6	3,9	5,0	4,3	3,7	4,1
Februar	2,0	3,6	4,4	4,5	2,6	2,6	3,5	3,0	5,1	3,2	2,6	3,1
März	3,2	3,3	5,1	4,1	3,5	2,2	5,2	2,8	4,9	3,8	1,7	3,0
April	5,1	4,0	6,4	4,5	5,5	3.7	6,3	3,3	5,9	5,4	3,5	4,5
Mai	6,8	6,4	9,3	6,5	7,8	6,5	8,2	6,7	8,1	7,5	6,6	7,7
Juni	10,2	10,7	11,6	10,4	10,5	9,6	10,7	10,3	10,3	10,2	10,1	10,0
Juli	12,7	13,0	13,4	12,1	12,8	12,3	12,8	12,5	12,9	12,4	11,6	12,5
August	13,8	14,4	14,6	13,4	13,5	12,9	13,6	13,0	13,5	12,8	12,6	13,5
September	12,9	13,3	14,5	13,4	13,5	12,5	13,2	13,1	13,2	12,2	13,4	13,1
Oktober	11,8	10,3	12,8	11,5	11,1	9,9	11,2	11,3	11,6	10,7	11,5	10,7
November	8,1	8,9	9,9	8,1	7,8	7,5	8,3	9,0	8,5	7,5	8,9	8,1
Dezember	5,8	6,6	7,6	4,5	6,2	6,1	5,2	6,4	6,0	5,1	6,7	6,0
Februar bis April	3,4	3,6	5,3	4,4	3,9	2,8	5,0	3,0	5,3	4,1	2,6	3,5
Mai bis August	10,9	11,1	12,2	10,6	11,2	10,3	11,3	10,6	11,2	10,7	10,2	10,9

0,6 m Tiefe, Waldstation Eberswalde.

1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	Mittel aus 1876—1897	Mittel höchstes	Mittel niedrigstes	Mittel Diff.
1,9	1,3	2,7	0,3	2,4	0,7	1,5	2,2	1,9	1,4	2,1	3,9	0,3	3,6
1,5	1,1	1,8	1,0	1,9	0,7	2,9	0,8	2,4	0,5	1,8	4,4	0,7	3,7
0,7	1,1	2,9	2,6	1,7	3,1	3,9	1,1	3,7	3,4	2,6	5,3	0,2	5,1
3,5	4,7	6,3	4,1	5,3	5,7	7,2	5,6	5,7	5,9	5,3	7,2	3,4	3,8
8,4	11,1	10,5	9,0	8,0	8,8	10,0	9,9	8,8	9,1	8,8	11,1	7,3	3,8
11,7	14,6	12,0	11,4	12,5	11,7	12,2	12,8	13,6	13,2	12,4	14,6	11,4	3,2
13,1	14,4	13,7	14,6	13,6	14,2	15,2	14,3	14,5	14,4	14,4	15,3	13,1	2,2
13,9	14,3	15,4	14,2	15,0	14,6	15,0	14,9	14,4	15,4	14,8	15,8	13,9	1,9
12,9	12,4	13,1	13,8	14,1	12,8	12,3	14,0	13,2	—	13,5	14,9	12,3	2,6
9,0	10,0	10,8	11,5	10,5	11,3	9,7	10,1	10,8	—	10,4	11,6	8,6	3,0
5,9	6,8	7,2	6,6	6,4	6,2	7,4	7,0	5,6	—	6,7	7,9	5,6	2,3
4,2	3,4	2,4	4,7	3,1	4,1	3,7	3,4	2,6	—	3,9	5,0	1,7	3,3
1,9	2,3	3,7	2,6	3,0	3,2	4,7	2,5	3,9	3,3	—	—	—	—
11,8	13,8	13,9	12,3	12,3	12,3	13,1	13,0	12,8	13,0	—	—	—	—

1,2 m Tiefe, Waldstation Eberswalde.

1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	Mittel aus 1876—1897	Mittel höchstes	Mittel niedrigstes	Mittel Diff.
3,7	3,2	3,9	2,7	4,1	2,9	3,4	3,9	3,6	3,1	3,9	5,6	2,6	3,0
2,9	2,3	3,3	2,3	3,1	2,1	3,6	2,7	3,5	2,1	3,1	5,1	2,0	3,1
2,0	2,1	3,1	3,1	2,7	3,3	4,0	2,3	3,8	3,4	3,3	5,2	1,7	3,5
3,2	3,9	5,7	4,1	4,8	5,1	6,2	4,6	5,5	5,4	4,8	6,4	3,2	3,2
6,8	8,5	8,6	7,4	6,7	7,4	8,7	8,3	7,6	8,0	7,6	9,3	6,4	2,9
9,6	11,9	10,5	9,8	10,4	10,0	10,6	10,8	11,1	10,9	10,5	11,9	9,6	2,3
11,5	12,7	12,1	12,5	11,9	11,9	13,0	12,2	12,6	12,5	12,5	13,4	11,5	1,9
12,5	13,0	13,8	13,0	13,0	12,9	13,9	13,3	13,3	13,7	13,4	14,6	12,5	2,1
12,4	12,3	12,7	13,0	13,3	12,3	12,4	13,2	12,7	—	13,0	14,5	12,2	2,3
9,9	10,5	11,5	11,6	11,4	11,4	10,5	11,1	11,2	—	11,1	12,8	9,9	2,9
7,3	8,1	8,6	8,4	8,3	8,0	8,5	8,3	7,6	—	8,3	9,9	7,3	2,6
5,7	5,2	5,0	6,2	5,3	5,5	5,6	5,3	4,5	—	5,7	7,6	4,5	3,1
2,7	2,8	4,0	3,2	3,2	3,5	4,6	3,2	4,3	3,6	—	—	—	—
10,1	11,5	11,3	10,6	10,5	10,6	11,6	11,2	11,2	11,3	—	—	—	—

Abweichungen der monatlichen Mitteltemperaturen des
Tab. 48. der Jahre

Monat	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887
Januar . .	—0,9	+1,0	+0,4	+0,7	—0,5	+0,1	+1,0	+0,3	+1,8	+0,5	+0,2	—0,2
Februar . .	—0,9	+0,9	+1,2	+0,2	—0,7	—0,6	+0,6	0,0	+2,6	+0,4	—0,6	—0,3
März . . .	—0,3	—0,2	+1,3	—0,5	+0,3	—1,4	+2,7	—1,0	+1,9	+0,7	—2,4	—0,5
April . . .	+0,6	—0,3	+1,2	—1,0	+1,0	—1,6	+1,3	—1,9	+0,5	+0,8	—1,2	—0,5
Mai . . .	—1,5	—1,5	+1,2	—1,2	—0,1	—1,0	+0,4	—0,6	+0,8	—0,3	—0,8	0,0
Juni . . .	+0,1	+0,7	+0,3	0,0	+0,1	—0,9	0,0	+0,2	—0,6	0,0	—0,4	—0,8
Juli . . .	+0,1	+0,5	—0,2	—0,7	+0,5	+0,1	+0,6	+0,2	+0,9	+0,3	—0,8	+0,2
August . .	+0,4	+1,0	+0,6	+0,5	+0,3	—0,6	—0,1	—0,5	+0,3	—0,8	—0,3	—0,2
September .	—0,5	—0,5	+1,0	+0,6	+0,7	—0,5	+0,4	+0,4	+0,7	—0,5	+1,4	+0,1
Oktober . .	+1,2	—1,2	+1,2	+0,1	—0,2	—1,8	—0,1	+0,6	+0,6	—0,3	+0,4	—0,9
November .	—0,7	+1,2	+0,5	—0,5	—0,3	—0,4	0,0	+0,9	+0,1	—1,0	+0,8	—0,2
Dezember .	+0,4	+0,9	+0,5	—2,2	+1,1	+0,4	—0,4	+0,9	+0,7	—0,3	+0,7	+0,5

Abweichungen der monatlichen Mitteltemperaturen des
Tab. 49. der Jahre

Monat	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887
Januar . .	—1,3	+0,4	+0,9	+1,7	—0,6	+0,2	+0,7	0,0	+1,1	+0,4	—0,2	+0,2
Februar . .	—1,1	+0,5	+1,3	+1,4	—0,5	—0,5	+0,4	—0,1	+2,0	+0,1	—0,5	0,0
März . . .	—0,1	0,0	+1,8	+0,8	+0,2	—1,1	+1,9	—0,5	+1,6	+0,5	—1,6	—0,3
April . . .	+0,3	—0,8	+1,6	—0,3	+0,7	—1,1	+1,5	—1,5	+1,1	+0,6	—1,3	—0,3
Mai . . .	—0,8	—0,2	+1,7	—1,1	+0,2	—1,1	+0,6	—0,9	+0,5	—0,1	—1,0	+0,1
Juni . . .	—0,3	+0,2	+1,1	—0,1	0,0	—0,9	+0,2	—0,2	—0,2	—0,3	—0,4	0,0
Juli . . .	+0,2	+0,5	+0,9	—0,4	+0,3	—0,2	+0,3	0,0	+0,4	—0,1	—0,9	0,0
August . .	+0,4	+1,0	+1,2	0,0	+0,1	—0,5	+0,2	—0,5	+0,1	—0,6	—0,8	+0,1
September .	—0,1	+0,3	+1,5	+0,4	+0,5	—0,5	+0,2	+0,1	+0,2	—0,8	+0,4	+0,1
Oktober . .	+0,7	—0,8	+1,7	+0,4	0,0	—1,2	+0,1	+0,2	+0,5	—0,4	+0,4	—0,4
November .	—0,2	+0,6	+1,6	—0,2	—0,5	—0,8	0,0	+0,7	+0,2	—0,8	+0,6	—0,2
Dezember .	+0,1	+0,9	+1,9	—1,2	+0,5	+0,4	—0,5	+0,7	+0,3	—0,6	+1,0	+0,3

Bodens in 0,6 m Tiefe von der Durchschnittstemperatur 1876—1897.

1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	Mittel aus 1876 bis 1897	Durchschnittliche Abweichung vom Mittel
−0,2	−0,8	+0,6	−1,8	+0,3	−1,4	−0,6	+0,1	−0,2	−0,7	2,1	0,65
−0,3	−0,7	0,0	−0,8	+0,1	−1,1	+1,1	−1,0	+0,6	−1,3	1,8	0,73
−1,9	−1,5	+0,3	0,0	−0,9	+0,5	+1,3	−1,5	+1,1	+0,8	2,6	1,05
−1,8	−0,6	+1,0	−1,2	0,0	+0,4	+1,9	+0,3	+0,4	+0,6	5,3	0,91
−0,4	+2,3	+1,7	+0,2	−0,8	0,0	+1,2	+1,1	0,0	+0,3	8,8	0,79
−0,7	+2,2	−0,4	−1,0	+0,1	−0,7	−0,2	+0,4	+1,2	+0,8	12,4	0,54
−1,3	0,0	−0,7	+0,2	−0,8	−0,2	+0,8	−0,1	+0,1	0,0	14,4	0,42
−0,9	−0,5	+0,6	−0,6	+0,2	−0,2	+0,2	+0,1	−0,4	+0,6	14,8	0,45
−0,6	−1,1	−0,4	+0,3	+0,6	−0,7	−1,2	+0,5	−0,3	—	13,5	0,62
−1,4	−0,4	+0,4	+0,1	+0,1	+0,9	−0,7	−0,3	+0,4	—	10,4	0,68
−0,8	+0,1	+0,5	−0,1	−0,3	−0,5	+0,7	+0,3	−1,1	—	6,7	0,52
+0,3	−0,5	−1,5	+0,8	−0,8	+0,2	−0,2	−0,5	−1,3	—	3,9	0,72

Bodens in 1,2 m Tiefe von der Durchschnittstemperatur 1876—1897.

1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	Mittel aus 1876 bis 1897	Durchschnittliche Abweichung vom Mittel
−0,2	−0,7	0,0	−1,2	+0,2	−1,0	−0,5	0,0	−0,3	−0,8	3,9	0,57
−0,2	−0,8	+0,2	−0,8	0,0	−1,0	+0,5	−0,4	+0,4	−1,0	3,1	0,62
−1,3	−1,2	−0,2	−0,2	−0,6	0,0	+0,7	−1,1	+0,5	+0,1	3,3	0,69
−1,6	−0,9	+0,9	−0,7	0,0	+0,3	+1,4	−0,2	+0,7	+0,6	4,8	0,84
−0,8	+0,9	+1,0	−0,2	−0,9	−0,2	+1,1	+0,7	0,0	+0,4	7,6	0,70
−0,9	+1,4	0,0	−0,7	−0,1	−0,5	+0,1	+0,3	+0,6	+0,4	10,5	0,40
−1,0	+0,2	−0,4	0,0	−0,6	−0,6	+0,5	−0,3	+0,1	0,0	12,5	0,36
−0,9	−0,4	+0,4	−0,4	−0,4	−0,5	+0,5	−0,1	−0,1	+0,3	13,4	0,43
−0,6	−0,7	−0,3	0,0	+0,3	−0,7	−0,6	+0,2	−0,3	—	13,0	0,42
−1,2	−0,6	+0,4	+0,5	+0,3	+0,3	−0,6	0,0	+0,1	—	11,1	0,51
−1,0	−0,2	+0,3	+0,1	0,0	−0,3	+0,2	0,0	−0,7	—	8,3	0,44
0,0	−0,5	−0,7	+0,5	−0,4	−0,2	−0,1	−0,4	−1,2	—	5,7	0,59

lokale Abweichungen auf, welche durch die Dichtigkeit des Bestandes, die Art des Bodenüberzugs und noch verschiedene andere Ursachen bedingt sind.

Während die Lufttemperatur durch direkte Erwärmung der Kambialzone das Dickenwachstum beeinflufst, kann die Bodentemperatur nur indirekt wirken. Von der Bodentemperatur kann die Menge des aufgenommenen Wassers abhängig sein, und ebenso kann die Temperatur des Bodenwassers eine Herabsetzung oder Erhöhung der Temperatur in der Kambialregion herbeiführen. Ferner ist es möglich, dafs ein sich schwer erwärmender Boden gewissermafsen als Kältereservoir auf die Lufttemperatur zurückwirkt.

Die mittlere Monatstemperatur des Bodens ist von Oktober bis März höher, von April bis September niedriger als die Lufttemperatur. Schon bei 0,3 m Tiefe sinkt die Mitteltemperatur nur vereinzelt unter 0°, bei 0,6 m und 1,2 m Tiefe bleibt die Temperatur dauernd über 0°. Da die Wurzeln selbst bei 0° noch erheblich Wasser aufnehmen[1]) und sogar einem Boden von —1,3 bis —4° C. noch Wasser entziehen, müssen wir annehmen, dafs bei älteren Pflanzen, deren Wurzeln tief herabgehen, die Wasseraufnahme durch die Temperaturerniedrigung des Bodens nicht so weit beschränkt wird, dafs Wassermangel eintritt. Die Temperaturmittel für Januar bis März betragen für 0,6 m Tiefe 2,1, resp. 1,8 und 2,6° C., in 1,2 m Tiefe 3,9 resp. 3,1 und 3,3° C. Bei diesen Temperaturen wird nicht nur die Wasseraufnahmefähigkeit, sondern auch die Fortleitung in den Wurzeln eine ausreichende sein. Wenn daher überhaupt eine Stockung der Wasserleitung zeitweise infolge zu starker Temperaturerniedrigung eintreten sollte, so wäre dies viel eher bei den in Luft befindlichen Pflanzenteilen möglich, da die Lufttemperatur in denselben Monaten ein Mittel von — 2,4 resp. 0,0 und erst im März + 2,5° aufweist. Dafür sind die in Luft befindlichen Teile durch Borkeschichten besser geschützt, so dafs wohl auch hier Wasser in genügender Weise fortbewegt werden kann.

Bei jungen Kiefern liegen die Verhältnisse zum Teil anders, im Frühjahr kann, wie ich mich durch gelegentliche Versuche überzeugte, die Luft in den Tracheiden negativen Druck zeigen, was auf eine relativ starke Verdunstung bei ungenügender Wasserzufuhr hinweist. Mit solch jungen Pflanzen haben wir es jedoch bei unseren Untersuchungen nicht zu thun, und ich brauche auf dieselben hier nicht weiter einzugehen. Vergegenwärtigen wir uns ferner, dafs die Transpiration in den ersten Monaten des Jahres sowohl durch äufsere Faktoren als durch den Verschlufs der Spaltöffnungen stark herabgesetzt ist, dafs ferner das Holz gerade in dieser Zeit als besonders wasserreich befunden worden ist, so mufs man für ältere Kiefern eine Behinderung der dem Wachstum vorausgehenden Prozesse durch Wassermangel durchaus von der Hand weisen.

Die Temperatur des Bodens zeigt entsprechend den Differenzen der

[1]) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie. I. Band. 2. Auflage. S. 212 und die an dieser Stelle citierte Arbeit von Kosaroff, Einflufs verschiedener Faktoren auf die Wasseraufnahme. 1897.

Lufttemperatur in den einzelnen Jahren analoge Schwankungen. Dieselben sind jedoch bei weitem nicht so bedeutend wie bei der Lufttemperatur und vermindern sich mit der Tiefe des Bodens. Wir erkennen dies, indem wir für den Zeitraum von 1876—1897 die Differenz der Jahre mit dem höchsten und niedersten Monatsmittel vergleichen (Tab. 43, 46, 47). Die gröfste Differenz für die Lufttemperatur zeigt der Januar mit 12,5° Differenz, während der Boden bei 0,6 m Tiefe als Maximaldifferenz 5,1° im März, bei 1,2 m Tiefe 3,5° im April aufweist. Im Sommer sind die Differenzen der einzelnen Jahre durchschnittlich geringer als in den ersten Monaten des Jahres. Genauer werden die Schwankungen der Temperatur durch die Angabe der durchschnittlichen Abweichung vom 22jährigen Mittel wiedergegeben (Tab. 44, 48, 49). Auch hier zeigt sich das Maximum der Abweichungen bei 0,6 m Tiefe im März, bei 1,2 m Tiefe im April, es bleiben jedoch diese Abweichungen sehr wesentlich hinter den jährlichen Differenzen der entsprechenden Monate bei der Lufttemperatur zurück. Die durchschnittliche Abweichung vom 22jährigen Mittel beträgt vielfach nur die Hälfte, teilweise sogar nur ein Drittel von den Abweichungen bei der Lufttemperatur. Es wäre demnach sehr gewagt, den gröfseren Abweichungen der Lufttemperatur keine Bedeutung beizulegen und durch die geringeren Abweichungen der Bodentemperatur die Unterschiede im Wachstum der einzelnen Jahre zu erklären. Immerhin ist eine Mitwirkung der Bodentemperaturen durch unsere Beobachtungen nicht ganz auszuschliefsen. Die in Frage stehenden Tiefen zeigen die Wirkung der Lufttemperatur ungefähr einen Monat später. Während das Jahresminimum des Mittels von 1876 bis 1897 für die Lufttemperatur in den Januar fällt (— 2,4°), wird dasselbe in den angeführten Tiefen erst im Februar erreicht (4,8° resp. 3,1°) und ebenso fällt das Maximum der Lufttemperatur durchschnittlich in den Juli (18,3°), der Bodentemperatur in den August (14,8° resp. 13,4°). Wir finden demnach die den Lufttemperaturschwankungen im Januar bis März entsprechenden Abweichungen im Boden erst in der Zeit vom Februar bis April. Wir müssen daher die Zeit vor und während der Wachstumszeit bei den Bodentemperaturen etwas anders abgrenzen, wollen wir die analogen Differenzen hier wiederfinden. Ich habe demnach bei den Bodentemperaturen das Mittel der Monate Februar bis April dem Mittel von Mai bis August gegenübergestellt. Die Jahre mit stärkerem Wachstum zeigen in der Zeit vom Februar bis April eine höhere Bodentemperatur, während die Jahre mit geringem Wachstum eine geringere Wärmemenge aufweisen. Das Jahr 1891 zeigt auch hier keine seiner Wachstumshebung vollständig entsprechende Temperaturerhöhung, was jedoch auch bei Betrachtung der Monatsmittel der Lufttemperatur schon zu beobachten war (vergl. S. 107). Die an sich geringeren Differenzen der Mittel Mai bis August weisen Schwankungen auf, die nicht mit dem Gange des Wachstums übereinstimmen. Wenn demnach überhaupt die Bodentemperatur einen Einflufs auf das Wachstum haben sollte, so kann dies nur in den Monaten vor dem Beginn des Wachstums sein.

Die Versuche, die Zweige eines im Freien wurzelnden Weinstocks im Winter zum Austreiben zu bringen, indem man sie in ein warmes Gewächshaus einführte, sind bekannt, sie sprechen für eine direkte Wirkung der Lufttemperatur, welche durch das Verweilen der Wurzeln in kaltem Boden nicht aufgehoben wird. Immerhin könnte dieser Erfolg erst bei wesentlicher Steigerung der Lufttemperatur eintreten, während bei weniger hohen Lufttemperaturen die Bodentemperatur einen wenn auch untergeordneten retardierenden Einfluſs auf den Zuwachs äuſsern könnte. Für diese letztere Annahme könnte auf den späteren Beginn des Wachstums an der Stammbasis verwiesen werden. Die Temperatur des während des Wachstums aufgenommenen Wassers ist geringer als die Temperatur der in Luft befindlichen Pflanzenteile, da von April bis September die mittlere Bodentemperatur hinter der Lufttemperatur zurückbleibt. Auch kann man an der Basis dünnrindiger Bäume wie der Buche im Sommer eine Kondensierung von Wasserdampf aus der wärmeren Luft in den Morgenstunden beobachten. Es ist demnach nicht ansgeschlossen, daſs die Kambialregion besonders an der Stammbasis abgekühlt wird und dadurch eine Retardierung des Wachstums herbeigeführt wird. Im weiteren Verlauf des Wachstums wird jedoch dieser Einfluſs, wenn er bestehen sollte, sicher vollständig ausgeglichen, da wir an der Stammbasis nicht nur einen gröſseren Flächenzuwachs, sondern oft auch breitere Jahresringe als einige Meter über dem Boden finden.

Der Gang der Bodentemperatur ist in den Tiefen, um welche es sich hier handelt, von der Höhe der Lufttemperatur abhängig, die Differenzen der Lufttemperatur in den einzelnen Jahren sind demnach immer als Ursachen der Verschiedenheit im Wachstum anzusehen. Ob die Bodentemperaturen einen direkten Einfluſs auf die Wachstumsgröſse haben, ist aus den vorliegenden Daten nicht zu entnehmen. Auf die Frage, inwieweit die Strahlung des Bodens auf die Lufttemperatur zurückwirkt, werde ich erst bei der Besprechung des Wachstums der Kiefern auf sehr nassem Boden eingehen.

3. Einfluſs der Niederschlagsmenge.

In Tab. 50 sind die Niederschlagssummen für die einzelnen Monate, wie sie auf der meteorologischen Feldstation gemessen wurden, wiedergegeben. Die auf der Waldstation erhaltenen Daten sind zu sehr von lokalen Verhältnissen und Zufälligkeiten abhängig, als daſs ich sie zur Charakterisierung der Feuchtigkeit eines gröſseren Gebietes hätte verwenden können. Ich habe daher die auf der Waldstation gemessenen Regenmengen nicht berücksichtigt. Zur Beurteilung der mit der Transpiration zusammenhängenden Vorgänge habe ich in Tab. 51 die mittlere relative Luftfeuchtigkeit zusammengestellt. Die Zahlen, in Prozenten des Sättigungszustandes ausgedrückt, beziehen sich aut die in der Baumkrone auf der Waldstation gemessenen Werte. Dieselben weichen im allgemeinen von den im Freien gefundenen Werten nur wenig ab, wo daher die Be-

stimmungen in der Baumkrone fehlten (Jahr 1876 von 1893 Februar bis Mai und 1897), habe ich dafür die im Freien gefundenen Werte der relativen Luftfeuchtigkeit eingesetzt und diese Zahlen in Tab. 51 eingeklammert. Die Luftfeuchtigkeit wurde morgens 8^h und mittags 2^h bestimmt und daraus das Mittel genommen. (S. Tab. 50, 51.)

Die Betrachtung der Niederschlagsmenge soll uns ein Mittel an die Hand geben, das Verhalten des Wachstums in feuchten und trockenen Jahren zu vergleichen. Die Regenmenge verändert einerseits die Bodenfeuchtigkeit, andererseits die relative Luftfeuchtigkeit. Die letztere ist ein wichtiger Faktor für die Transpiration der Pflanzen, die wiederum auf die Bodenfeuchtigkeit zurückwirkt.

Das Verhältnis von Regenmenge und Luftfeuchtigkeit erkennen wir, indem wir die Mittelwerte dieser und der Lufttemperatur (Tab. 43) in den Jahren 1876—1897 betrachten. Wäre die Niederschlagsmenge der einzelnen Monate gleich, so müfste die relative Luftfeuchtigkeit mit steigender Temperatur abnehmen, mit fallender Temperatur zunehmen. Während jedoch die Lufttemperatur vom Januar bis zum Juli steigt, nimmt die relative Luftfeuchtigkeit nur vom Januar bis zum Mai ab und zeigt sodann wieder bis zum Jahresschlufs eine konstante Zunahme. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten von Mai und Juni sowohl, als von April und Juli sind sehr gering. Das Minimum liegt in den einzelnen Jahren nicht gleich, wir finden es im April 2 mal, im Mai 10 mal, zwischen Mai und Juni 1 mal, im Juni 7 mal, im Juli 1 mal, im August 1 mal. Wenn daher das Minimum der relativen Luftfeuchtigkeit trotz der hohen Temperatur nur 1 mal im Juli auftrat, so ist dies eine Folge der grofsen Regenmenge dieses Monats. Die etwas höheren Werte der relativen Feuchtigkeit in den Monaten Juni bis August, welche trotz der hohen Temperatur auftreten, müssen demnach auf die gröfsere Regenmenge dieser Monate zurückgeführt werden. Im allgemeinen ist jedoch die Temperatur für die Höhe der relativen Luftfeuchtigkeit mafsgebender als die Regenmenge. Die Monate November bis Februar zeigen daher trotz der verhältnismäfsig geringen Regenmenge eine besonders hohe relative Luftfeuchtigkeit. Die Niederschlagssumme ist demnach kein Mafsstab für die relative Luftfeuchtigkeit, beeinflufst dieselbe jedoch. Wir erkennen dies auch an Tabelle 52, in welcher für die Monate April bis Juli je vier Monate mit der geringsten und je vier Monate mit der höchsten Niederschlagsmenge zusammengestellt sind. Der Durchschnitt der regenarmen Monate zeigt eine geringere Luftfeuchtigkeit als bei den Monaten mit reichlichen Niederschlägen. Trotzdem bleibt die relative Feuchtigkeit einzelner Monate mit reichlichen Niederschlägen hinter denen mit geringen Niederschlägen zurück. Diese Erscheinung ist nur zum Teil auf die verschiedene Temperatur zurückzuführen. So bei April 1885 (62 %) rel. Feucht.) mit einer mittleren Temperatur von 10,0° im Vergleich zum April 1877 (69 % rel. Feucht.) mit 6,1° Mitteltemperatur; desgleichen bei Mai 1891 im Vergleich zu Mai 1880 und 1888. Aufserdem kommt jedoch noch die Verteilung der Regenmenge auf die

Tab. 50.

Monats- und Jahressumme des Nieder-

	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886
Januar . . .	13,8	40,3	34,0	36,7	15,1	23,1	18,9	26,9	56,4	23,9	34,1
Februar . .	69,8	80,9	10,8	65,3	22,6	26,1	25,0	11,6	23,4	19,3	8,3
März . . .	76,6	37,1	68,5	50,1	10,9	40,4	48,6	5,5	28,1	32,3	28,8
April . . .	36,1	15,4	39,1	58,3	31,7	9,1	23,3	17,5	29,4	53,7	27,2
Mai	14,2	44,2	36,1	32,7	21,8	24,6	49,6	41,6	48,6	34,5	53,3
Juni	49,4	70,6	63,0	37,7	71,2	95,9	78,0	19,8	47,9	46,2	40,7
Juli	49,8	76,7	92,2	94,8	80,0	43,3	118,7	136,8	106,8	34,8	56,5
August . . .	17,2	107,0	73,4	58,7	40,5	60,2	61,4	82,2	21,9	93,8	25,7
September . .	94,0	68,5	15,1	31,4	42,7	57,0	79,2	33,8	26,5	62,0	23,4
Oktober . .	8,8	38,7	30,8	39,9	96,4	61,2	27,1	44,7	82,5	76,5	28,5
November . .	31,4	39,7	13,5	40,9	33,1	28,8	75,5	41,5	36,8	38,4	27,1
Dezember . .	58,2	36,3	41,9	24,0	96,9	22,1	46,4	40,5	64,7	22,9	43,4
Jahressumme .	519,3	655,4	518,4	570,5	562,9	491,8	651,7	502,4	573,0	538,3	397,0
Mai bis Juli .	113,4	191,5	191,3	165,2	173,0	163,8	246,3	198,3	203,3	115,5	150,5

Tab. 51.

Mittlere relative Luftfeuchtigkeit (%) in der

	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887
Januar . .	(93)	93	93	98	93	96	90	92	88	92	95	95
Februar . .	(91)	90	89	91	88	93	81	87	87	85	96	91
März . . .	(81)	86	81	88	72	81	71	89	79	81	87	83
April . . .	(70)	69	69	72	68	60	60	68	70	62	64	61
Mai . . .	(62)	60	57	56	59	59	64	59	60	63	53	69
Juni . . .	(65)	55	64	62	68	70	68	56	67	59	60	59
Juli . . .	(62)	64	71	72	66	66	74	67	67	61	61	62
August . .	(61)	80	71	74	70	72	75	77	63	74	61	61
September .	(78)	75	76	75	73	77	79	70	71	78	62	68
Oktober . .	(77)	87	82	85	84	80	85	83	84	84	82	79
November .	(93)	88	83	93	89	87	91	88	90	92	91	89
Dezember .	(95)	94	95	98	91	92	96	92	92	92	87	91

schlags (mm) auf der Feldstation Eberswalde.

1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	Mittel aus 1876—1897
9,6	27,1	22,7	54,8	57,4	30,5	38,9	24,4	42,7	32,6	12,0?	30,7
10,7	46,4	50,5	11,2	10,1	7,9	77,7	76,3	23,7	11,8	20,0?	32,2
44,7	89,7	27,7	20,6	52,3	30,5	45,6	37,3	45,1	71,5	74,4	43,9
28,7	31,5	19,5	30,0	29,1	10,6	2,2	36,1	27,5	20,8	38,6	28 0
133,2	26,9	28,3	54,0	58,3	48,4	30,9	52,1	44,7	17,7	79,1	44,3
40,7	55,1	19,9	100,2	62,1	63,7	25,0	121,3	33,0	84,9	12,5	56,3
63,9	88,4	57,9	116,5	85,5	49,6	41,9	52,5	61,0	64,8	105,8	76,3
19,5	14,5	82,1	53,8	42,1	58,5	34,3	124,3	43,8	94,2	37,9	56,7
40,1	34,0	48,1	15,6	72,7	39,1	39,5	32,7	28,6	86,7	68,0	47,2
34,1	68,9	94,6	61,7	22,7	24,5	74,3	71,0	67,2	65,8	27,1	52,1
34,7	74,8	6,3	44,7	45,6	9,9	97,0	20,9	41,5	26,1	22,0	37,7
46,1	16,7	20,9	5,6	61,0	47,5	22,6	46,5	55,4	27,7	22,5	39,5
506,0	574,0	478,5	568,7	598,9	420,7	529,9	695,4	514,2	604,6	519,9	
237,8	170,4	106,1	270,7	205,9	161,7	97,8	225,9	138,7	167,4	197,4	

Baumkrone auf der Waldstation Eberswalde.

1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	Mittel aus 1876—1897	Mittel	
											höchstes	niedrigstes
95	89	90	95	93	98	90	95	92	(94)	93	98	88
92	91	91	86	86	(90)	85	93	87	(85)	88	96	81
87	83	76	83	81	(74)	74	84	79	(79)	81	89	71
70	72	70	71	58	(51)	71	68	70	(72)	67	72	(58)
59	55	63	58	57	(63)	64	64	64	(71)	61	(71)	53
57	55	69	67	60	(57)	71	60	65	(55)	62	71	55
71	68	67	75	61	60	62	65	67	(73)	66	75	61
67	70	72	71	63	66	76	72	76	(72)	70	80	61
73	73	72	75	76	71	77	72	82	(76)	74	82	62
82	89	83	82	78	84	85	83	81	(83)	83	89	77
86	87	92	92	92	89	87	88	89	(86)	89	93	83
92	94	96	92	96	91	94	95	95	(90)	93	98	87

Verhältnis der Niederschlagssummen zur relativen Luftfeuchtigkeit.

Tab. 52.

		Niederschlag mm	Lufttemp. C°	Rel. Feucht. %			Niederschlag mm	Lufttemp. C°	Rel. Feucht. %
April	Mittel	28,0	7,8	67	April	Mittel	28,0	7,8	67
	1893	2,2	7,9	51		1879	58,3	6,2	72
	1881	9,1	5,3	60		1885	53,7	10,0	62
	1892	10,6	7,3	58		1878	39,1	9,6	69
	1877	15,4	6,1	69		1897	38,6	8,4	72
	Durchsch.	*9,3*	*6,7*	*60*		*Durchsch.*	*47,4*	*8,6*	*69*
Mai	Mittel	44,3	12,6	61	Mai	Mittel	44,3	12,6	61
	1876	14,2	8,9	62		1887	133,3	11,5	69
	1896	17,7	11,8	64		1897	79,1	11,9	71
	1880	21,8	11,3	59		1891	58,3	14,3	58
	1888	26,9	12,8	59		1890	54,0	14,9	63
	Durchsch.	*20,2*	*11,2*	*61*		*Durchsch.*	*81,4*	*13,2*	*65*
Juni	Mittel	56,3	16,8	62	Juni	Mittel	56,3	16,8	62
	1897	12,5	17,9	55		1894	121,3	15,6	71
	1883	19,8	17,3	56		1890	100,2	15,2	69
	1889	19,9	20,3	55		1881	95,9	16,1	70
	1893	25,0	16,4	57		1896	84,9	18,7	65
	Durchsch.	*19,3*	*18,0*	*56*		*Durchsch.*	*100,6*	*16,4*	*69*
Juli	Mittel	76,3	18,3	66	Juli	Mittel	76,3	18,3	66
	1885	34,8	18,7	61		1883	136,8	18,6	67
	1893	41,9	19,0	60		1882	118,7	18,5	74
	1881	43,3	19,1	66		1890	116,5	17,2	67
	1892	49,6	17,2	61		1884	106,8	19,2	67
	Durchsch.	*42,4*	*18,5*	*62*		*Durchsch.*	*119,7*	*18,4*	*69*

einzelnen Tage des Monats in Betracht. Mai 1891 mit annähernd gleicher Regenmenge wie Mai 1890 zeigt nur 58 % rel. Feucht., während Mai 1890 63 % rel. Feuchtigkeit aufweist, obgleich die mittlere Temperatur in letzterem Monat höher ist. Wir können uns dies erklären, wenn wir annehmen, dafs vereinzelte starke Regengüsse zwar die Regensumme eines Monats beträchtlich steigern, zahlreichere schwache Regen aber die relative Luftfeuchtigkeit steigern.

Die Verhältnisse der Luftfeuchtigkeit interessieren uns, weil die Transpiration der Pflanzen durch dieselben sehr wesentlich beeinflufst wird

und von der Gröfse der Transpiration die im Boden vorhandene Wassermenge sehr wesentlich abhängt. Diesbezüglich besitzen wir eine Reihe von Bestimmungen des Feuchtigkeitsgehaltes in Sandböden und lehmhaltigen Sandböden, welche von E. Ramann[1]) ausgeführt worden sind. Derselbe hat im Jahre 1893, welches sich durch ein besonders trockenes Frühjahr auszeichnete, gefunden, dafs Frühjahrstrockenperioden bis zum Beginn der vegetativen Thätigkeit der Bäume und dem Austrieb des Laubes den Wassergehalt der unteren Bodenschichten im geschlossenen Bestande nur unwesentlich beeinflussen, erst mit dem Austreiben des Laubes nimmt in den unteren Bodenschichten der Wassergehalt stark ab. Alle Faktoren, welche die Transpiration der Pflanzen erhöhen, werden demnach die Menge des im Boden zur Verfügung stehenden Wassers herabsetzen. Hierher gehören Erwachen der Pflanzen aus ihrer Vegetationsruhe, bei der Kiefer speziell die Öffnung der im Winter geschlossenen und mit einer harzartigen Substanz verklebten Spaltöffnungen, Bildung der neuen stark wasserabgebenden Triebe, Herabsetzung der relativen Feuchtigkeit der Luft, steigende Intensität und längere Dauer der Beleuchtung. Während der Wintermonate ist der Verbrauch der Bäume an Wasser sehr gering, es kommt daher zur Ansammlung gröfserer Feuchtigkeit im Boden, obgleich die Menge des Niederschlags in der kalten Jahreszeit relativ gering ist. Dabei kommt natürlich noch die geringere Verdunstung an der Bodenoberfläche in dieser Zeit hinzu. E. Ramann[2]) führt an, dafs nach Erwachen der Vegetation eine rasche Abnahme des Wassergehaltes im Boden erfolgt, die durch reichliche Niederschläge im Sommer gemäfsigt bis zum Herbste fortschreitet, so dafs in Mitteleuropa im September und Anfang Oktober im Boden der geringste Wassergehalt vorhanden ist. Der Höchstgehalt fällt in die Zeit vom Februar bis April. Man bezeichnet diesen Wasservorrat als „Winterfeuchtigkeit der Böden". Nach Ramann ist die Bedeutung der Winterfeuchtigkeit für Sandböden viel geringer als für Lehmböden und Humusböden, da die Wasserkapazität der ersteren gering ist, sie sich bei stärkerem Regen sättigen und noch Wasser in die Tiefe absickern lassen. Die obersten Schichten sind schon im Mai recht wasserarm, sie zeigen jedoch, wie Ramann an anderer Stelle ausführt, bedeutende Schwankungen. Das Austrocknen der tieferen Bodenschichten schreitet jedoch im Spätsommer wesentlich fort. Es sei mir gestattet, die von Ramann angeführte Bestimmung für einen fein- und mittelkörnigen Sandboden bei Eberswalde an dieser Stelle zu reproduzieren, weil dieser Punkt für die uns interessierende Frage der Einwirkung der Niederschlagsmengen auf das Wachstum sehr wichtig ist.

Der Boden enthielt Wasserschichten, deren Höhe betrug

---

[1]) E. Ramann, Der Wassergehalt der Waldböden. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1895, S. 334 ff.

[2]) E. Ramann, Forstliche Bodenkunde und Standortslehre. Berlin 1893, S. 21.

	27. April mm	14. Mai mm	24. Mai mm	24. Juni mm	24. August mm
in 0—50 cm Tiefe . .	33,1	38,0	25,0	29,0	23,8
in 50—100 cm Tiefe .	20,7	22,3	20,8	27,8	15,9
in 1—2 m Tiefe . . .	58,2	56,8	57,1	38,1	17,1

Ein Regen von geringer Intensität wird für die Bodenschichten, in denen sich die Wurzeln älterer Kiefern befinden, nur insofern von Bedeutung sein, als die Transpiration der Pflanzen zeitweise herabgemindert wird, und auch stärkere Regengüsse dringen vielfach nicht ein, weil die Trockenheit der obersten Bodenlagen das Eindringen des Wassers in hohem Grade erschwert.[1]) Immerhin wird eine gröfsere Regenmenge, sobald der Boden in seinen oberen Schichten durchfeuchtet ist, auch den unteren Schichten zu gute kommen. Um dies zu illustrieren, führe ich noch einige Feuchtigkeitsbestimmungen Ramanns[2]) an, bei welchen derselbe Boden sowohl 1893 als 1894 untersucht wurde. Die Monate April bis Juni hatten 1893 eine Regensumme von 2,2 resp. 30,9 und 25,0 mm, im Jahre 1894 dagegen 36,1 resp. 52,1 und 121,3 mm. Es handelte sich dabei um einen 120—140jährigen Kiefernbestand, der ziemlich geschlossen und mit Buche, Hainbuche und Wacholder versehen war. Der Wassergehalt ist in Prozenten auf 100 Teile trockenen Bodens angegeben.

	1893			1894		
	16. Mai	9. Juni	22. Juni	Juni	Juli	August
Oberfläche	10,64	7,28	8,03	28,76	10,20	17,18
15 cm	7,66	3,81	2,82	10,85	7,47	9,87
25 cm	7,71	4,69	3,45	8,90	7,06	7,99
50 cm	8,26	5,75	4,53	11,89	6,57	6,50
75 cm	10,78	6,95	6,01	—	—	—

Wir ersehen daraus, dafs thatsächlich der regenreiche Juni im Jahre 1894 auch die unteren Bodenschichten feucht erhalten hat.

Eine gröfsere Niederschlagsmenge wird demnach einerseits direkt wirksam sein durch Wasseraufnahme in den Boden, andererseits indirekt, indem die relative Luftfeuchtigkeit den Wasserverbrauch der Pflanzen herabsetzt und so ebenfalls ein weitergehendes Austrocknen des Bodens hemmt. Es wäre ja allerdings viel richtiger, an Stelle der Betrachtung über den Einflufs der Regenmenge auf das Wachstum direkt den Einflufs der Boden-

[1]) Näheres bei Ramann, Bodenkunde S. 76.

[2]) Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1895. S. 338.

feuchtigkeit zu setzen. Wir besitzen hierfür jedoch keine durch längere Jahre fortgesetzten Beobachtungen und müssen uns damit begnügen, auf den Zusammenhang zwischen Niederschlagsmenge und Bodenteuchtigkeit zu verweisen.

Das wesentliche Ergebnis dieser Auseinandersetzungen ist, daſs im Gegensatz zum Temperatureinfluſs die Niederschlagsmenge in den Monaten, welche dem Wachstum vorausgehen, für das Wachstum ohne Bedeutung ist und erst dann auf das Wachstum einen Einfluſs ausüben kann, wenn im Boden ein relativer Mangel an Feuchtigkeit eintritt. Die Niederschlagsmenge im April ist unerheblich, einerseits weil die Winterfeuchtigkeit hier noch ausreicht, die Bäume genügend mit Wasser zu versorgen, andererseits weil die Regenmengen durchschnittlich sehr gering sind.

Bei der Beeinflussung des Wachstums durch die Feuchtigkeit des Bodens ist wie auch sonst in analogen Fällen die Reaktionsfähigkeit der betreffenden Pflanze zu beachten, welche periodischen Schwankungen unterworfen ist. Das lebhafteste Dickenwachstum findet in den Monaten Mai bis Juli statt, während im August zwar auch noch Dickenwachstum stattfindet, der im August gebildete Zuwachs fällt jedoch für die Gröſse des Gesamtwachstums eines Jahres weniger ins Gewicht. Wir werden später sehen, daſs die Höhe des Spätholzprozentes von den Feuchtigkeitsverhältnissen des August beeinfluſst wird, indem nach intensiveren Trockenperioden die Menge des Spätholzes eine geringere bleibt, woraus man schlieſsen muſs, daſs in diesem Falle das Dickenwachstum etwas früher zum Stillstand kommt und hierdurch gerade die Spätholzbildung leidet. Die Erfahrung lehrt nun, daſs dieses frühere Aufhören des Dickenwachstums gegenüber dem Einfluſs der äuſseren Faktoren in den vorausgehenden Monaten für die Gröſse des Gesamtzuwachses nicht wesentlich in Betracht kommt. Die Niederschlagskurve für August zeigt daher mit den Wachstumskurven der Kiefer keine Übereinstimmung. Trotz geringer Niederschlagsmenge im August (21,9 mm) zeigt das Jahr 1884 ein so bedeutendes Wachstum, während die Jahre 1883 und 1889 trotz hoher Niederungssummen im August (82,2 resp. 82,1 mm) nur ein geringes Wachstum aufweisen. Damit ist natürlich nicht ausgeschlossen, daſs gröſsere Regenmengen eine Hebung der Wachstumskurve hervorbringen können, wenn sie in eine frühere Zeit fallen, bevor die Wachstumsenergie zu stark abgenommen hat. Die durch Trockenheit im Juni und Juli verminderte Wachstumsthätigkeit wird durch erhöhte Feuchtigkeit im August ebensowenig eine beträchtliche Steigerung erfahren, als an Pflanzen, deren Blätter infolge von Versetzen und Wurzelbeschädigung klein geblieben sind, durch eine spätere Ergänzung des Wurzelsystems eine nachträgliche Vergröſserung der Blätter herbeigeführt wird.

Für das Dickenwachstum wird demnach die Niederschlagsmenge der Monate Mai, Juni, Juli von ausschlaggebender Bedeutung sein. Ob der Mai die gleiche Bedeutung hat als Juni und Juli, erscheint zweifelhaft, da im Mai einerseits noch ein gröſserer Teil der winterlichen Bodenfeuchtigkeit vorhanden ist, andererseits das Wachstum wenigstens in einem Teil

des Stammes erst im Laufe des Mai beginnen kann. Eine genaue Abgrenzung des Einflusses des Mainiederschlages läſst sich jedoch nicht geben.

Zur besseren Übersicht habe ich in Tabelle 53 die einzelnen Jahre nach der Regensumme der Monate Mai bis Juli angeordnet und in vier Gruppen verschiedener Feuchtigkeit gebracht.

Tab. 53. Niederschlagssummen für Mai-Juli.

Sehr troken	Jahr	1893	1889	1876	1885	1895		
	Niederschlag	97,8	106,1	113,4	115,5	138,7		
Trocken	Jahr	1886	1892	1881	1879	1896	1888	1880
	Niederschlag	150,5	161,7	163,8	165,2	167,4	170,4	173,0
Feucht	Jahr	1878	1877	1897	1883	1884	1891	
	Niederschlag	191,3	191,5	197,4	198,2	203,3	205,9	
Sehr feucht	Jahr	1894	1887	1882	1890			
	Niederschlag	225,9	237,8	246,3	270,7			

Die Höhe der Niederschlagssummen in Tab. 53 kann allerdings durch einzelne abnorm feuchte oder trockene Monate nicht unwesentlich beeinfluſst werden, wir sehen jedoch, daſs die Jahre mit auffallend starkem Wachstum wie 1882, 1884, 1891 durchwegs zu den feuchten oder sehr feuchten Jahren gehören, während die Jahre mit auffallend vermindertem Wachstum wie 1886, 1888, 1889 zu den sehr trockenen oder trockenen Jahren gehören. Bei dem so bedeutenden Einfluſs der Temperatur wird man auch nur in extremen Jahren den Einfluſs der Niederschlagsmenge ausgeprägt finden. Doch weisen auch die übrigen Jahre auf eine Einwirkung der Niederschlagsmenge hin. So zeigen die Jahre 1893 und 1895 entsprechend ihrer geringen Feuchtigkeit ein Herabgehen, 1890 und 1894 eine Steigerung des Zuwachses. Die Übereinstimmung wird namentlich dann unvollständiger, wenn die Steigerung der Niederschlagssumme Mai-Juli auf die abnorme Summe eines einzelnen Monats (z. B. Juli 1883, Mai 1887, Juni 1894) zurückzuführen ist, wir finden dann namentlich auch etwas gröſsere Abweichungen zwischen den verschiedenen Bäumen eines Bestandes und ebenso zwischen den verschiedenen Beständen selbst. Unbedeutende Differenzen des Standorts können schon Unterschiede des Feuchtigkeitsgehalts im Boden hervorrufen, da der Regen von einem stark ausgetrockneten Boden schwer aufgenommen wird und von dort abflieſsend sich in Vertiefungen ansammeln kann. Eine vollständigere Übereinstimmung ist bei den mannigfach ineinander greifenden Wachstumsfaktoren nicht zu erwarten.

Interesssant war das Verhalten des Jahresrings von 1893. Derselbe zeigt bei sehr vielen Stämmen zu Beginn der Spätholzzone eine weitlumige,

etwas dünnwandigere Schicht. Da die Wirkung anderer Ursachen nicht zu erkennen war, glaube ich, dafs durch die geringe Niederschlagsmenge im Juni (19,8 mm) eine Hemmung eingetreten war, welche durch die abnorm hohe Regenmenge im Juli (136,8 mm) zum Teil wieder anfgehoben wurde, so dafs die Gröfse der im Juli gebildeten Zellen wieder etwas zunahm.

4. Das Zusammenwirken von Temperatur und Niederschlag.

Temperatur und Niederschlag können gleichsinnig oder einander entgegen wirken oder es kann bei mittlerem Verhalten des einen Faktors durch das günstige oder ungünstige Verhalten des zweiten Faktors ein Ausschlag erzielt werden.

Die Betrachtung der Wachstumskurven auf Tafel V bis IX lehrt uns, dafs diese Kurven dem Gang der Temperatur weit mehr folgen als dies für den Einflufs der Regenmenge erkennbar ist. Namentlich sind die extrem günstigen und ungünstigen Temperaturverhältnisse in den Kurven viel deutlicher ausgeprägt als die Jahre mit abnormen Niederschlagsmengen.[1]) Dies Überwiegen des Temperatureinflusses haben wir bei der Beurteilung des Zusammenwirkens beider Faktoren zu berücksichtigen.

Um eine Übersicht zu gewinnen, habe ich die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse in drei Kategorieen gebracht, und diese mit günstig, indifferent und ungünstig bezeichnet (Tab. 54). Drücken wir diese Verhältnisse durch Zahlen aus, indem wir jeder Kategorie eine Anzahl von Points geben, so können wir aus der Summe dieser Points uns ein Bild machen, welchen Erfolg das Zusammenwirken beider Faktoren auf das Wachstum in den einzelnen Jahren erzielt. Für den Niederschlag habe ich den die Kategorieen günstig, indifferent und ungünstig mit 3 resp. 2 und 1 Point belegt. Da die Temperatur jedoch einen wesentlich stärkeren Einflufs ausübt, habe ich denselben Kategorien 6, resp. 4 und 2 Points gegeben.

Für die Temperatur habe ich das Mittel von Januar einfach, Februar dreifach und März zweifach genommen (vergl. S. 113 und Tab. 43), für den Niederschlag die Summe der Monate Mai bis Juli.

Sind die Annahmen, auf welchen die Tabelle 54 beruht, richtig, mufs zwischen der Summe der hier angegebenen Points und dem Wachstumsgang eine gewisse Übereinstimmung bestehen. Die spezielle Betrachtung der einzelnen Kiefern sowie die Darstellung des Wachstums auf Taf. V bis IX zeigt uns, wie weit diese Übereinstimmung geht. Es handelt sich dabei mehr um die Schwankungen des Wachstums als um die absolute Höhe desselben, da sich namentlich in weiter auseinander liegenden Jahren

[1]) Es darf diese Anschauung natürlich nicht ohne besondere Untersuchungen auf andere Holzarten übertragen werden. Es wäre sehr wohl möglich, dafs sich flachwurzelige Holzarten anders verhalten. Nach einer Mitteilung des Herrn Forstmeister Dr. Kienitz sollen die Fichten des Harzes im Jahre 1893 abnorm schmale Ringe gebildet haben, was für einen starken Einflufs der Trockenheit dieses Jahres sprechen würde. Man vergleiche auch die von mir untersuchte Birkenscheibe (Tab. 42).

Tab. 54. Übersicht über die kombinierte Wirkung

		1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884
Temperatur	günstig 6 Points	—	+ 1,5	+ 2,5	—	—	—	+ 3,5	—	+ 3,7
	indifferent 4 Points	+ 0,9	—	—	—	+ 0,3	—	—	—	—
	ungünstig 2 Points	—	—	—	— 0,9	—	— 1,4	—	— 0,1	—
Niederschlag	günstig 3 Points	—	—	—	—	—	—	246,3	—	203,3
	indifferent 2 Points	—	191,5	191,3	165,2	173,0	163,8	—	198,3	—
	ungünstig 1 Point	113,4	—	—	—	—	—	—	—	—
Summe der Points		5	8	8	4	6	4	9	4	9

Kronenumfang und Beschattung ändern können, was in der absoluten Höhe des Zuwachses zur Geltung kommt. Von den Jahren 1876—80 ist abzusehen, da die Folgen des Nonnenfraßes störend wirkten.

Sehr trockener Boden (Tab. 39).

Kiefer 1—5 (Taf. V).

Das Jahr 1881 hat überall ein geringeres Wachstum als 1882 und 1884. Die Gruppe 1882—84 ist gut charakterisiert durch den hohen Zuwachs von 1882 und 1884 bei beträchtlicher Wachstumsverminderung im Jahre 1883. Das Wachstum geht 1885 überall zurück und fällt 1886 noch weiter. Etwas abweichend verhalten sich die Stämme im Jahre 1887. Während bei Nr. 1 eine entschiedene Zunahme vorliegt, ist das Wachstum bei den übrigen Kiefern gegen 1886 nur wenig verändert. Kiefer 1 ist derjenige Stamm, welcher die größte Krone und den größten Zuwachs aufweist, es scheint demnach, daß dieser Stamm leichter auf die günstigen Feuchtigkeitsverhältnisse von 1887 reagiert. 1888 fällt das Wachstum überall und erreicht 1889 seinen tiefsten Stand. Die günstigen Jahre 1890 und 1891 bewirken eine beträchtliche Steigerung, 1891 zeigt einen größeren Zuwachs als das Vorjahr. Die Steigerung des Zuwachses hält bei Kiefer 2 auch noch 1892 an, bei den übrigen Stämmen erfolgt Abnahme, 1893 überall geringeres Wachstum, 1894 Steigerung des Zuwachses. Bei der unterdrückt stehenden Kiefer 5 sind die Ausschläge gering.[1])

Kiefer 13 (Taf. V).

Die Entfernung dieser Kiefer von den vorstehenden betrug in der Luftlinie 10 km, trotzdem entspricht ihr Verhalten dem der Kiefern 1—5. Da die Beobachtungsperiode in den absteigenden Ast der großen Periode

[1]) Auch im Schutzbezirk Chorin der Oberf. Chorin konnte ich an Kiefern auf trockenem Boden diese gleichen Wachstumsschwankungen nachweisen. Spinner und Spanner hatte dort nicht gefressen.

von Temperatur und Niederschlag.

1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897
+ 1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 2,2	—
—	—	—	—	—	+ 1,1	+ 0,8	+ 0,1	+ 0,5	+ 1,0	—	—	+ 1,1
—	— 2,5	0,0	— 0,8	— 1,6	—	—	—	—	—	— 2,3	—	—
—	—	237,8	—	—	270,7	205,9	—	—	225,9	—	—	—
—	150,5	—	170,4	—	—	—	161,7	—	—	138,7	167,4	197,4
115,5	—	—	—	106,1	—	—	—	97,8	—	—	—	—
7	4	5	4	3	7	7	6	5	7	4	8	6

fällt, ist das Wachstum am Schlufs nur noch gering, die Ausschläge unbedeutend.

Kiefer 6—9 (Taf. VI).

Die Kiefern dieses Bestandes zeigen dieselben Schwankungen im Wachstum wie die vorhergehenden, 1882 hat bei Kiefer 6 und 7 ein etwas geringeres Wachstum. Da dieselben 1876 stärker von der Nonne befressen waren, dürfte ihre Krone 1882 noch weniger voll ausgebildet gewesen sein. Bei Nr. 6, dem am stärksten beschädigten Stamm (vergl. S. 63), ist daher das Wachstum 1885 gröfser als 1882. Die etwas günstigeren Verhältnisse von 1887 zeigen sich bei Kiefer 6 nur in einer schwachen Ausbiegung der abfallenden Kurve.

Kiefer 10—12 (Taf. VI).

Von 1881 bis 1890 dieselben Schwankungen wie vorher, doch fällt die Kurve von 12 in den Jahren 1884 bis 1889 etwas weniger steil ab. Kiefer 12 hat von 1890 ab durch Nonnenfrafs gelitten, daher in diesem Jahre fast dasselbe Wachstum als 1889, und 1891 statt der Steigerung ein Abfall des Wachstums, welches 1892 schon beinahe ganz aufhört; 1895 war dieser Stamm im Absterben begriffen. Bei Nr. 10 war 1890 noch starke Zunahme, 1891 dagegen Abfall der Wachstumskurve, der 1892 noch verstärkt wird. Kiefer 11 hat in den 90er Jahren wohl relativ weniger gelitten, die Wachstumsschwankungen entsprechen bis zum Schlufs (1895) den Wirkungen von Temperatur und Feuchtigkeit.

Mäfsig feuchter Boden (Tab. 40).

Kiefer 14, 15 (Taf. VII).

Kiefer 14 ist ein herrschender Stamm, dessen ausgiebiger Zuwachs in dem ganzen Zeitraum von 1881 bis 1897 den in Tabelle 54 dargestellten Wirkungen von Temperatur und Niederschlag entspricht. Kiefer 15 dagegen steht unter Druck, ihr Wachstum ist in starker Abnahme begriffen, setzt in den letzten Jahren teilweise ganz aus. Die Bestimmung des Zuwachses in den Jahren 1894—1897 ist unsicher, weil man nicht immer

genau feststellen kann, welcher Jahresring fehlt. Dem geringen Zuwachs entsprechend sind auch die Schwankungen gering, doch treten die charakteristischen Jahre 1882, 1884, 1889 noch deutlich hervor. Von 1890 an geht das Wachstum gleichmäſsig zurück, ohne eine Einwirkung der meteorologischen Faktoren erkennen zu lassen.

Kiefer 16, 17 (Taf. VII).

Bei Nr. 16, dem Stamm mit stärkerem Wachstum finden wir nur 1892 eine unbedeutende Abweichung von dem sonstigen Gang, deren Ursache ich nicht anzugeben vermag. Von den 8 gemessenen Scheiben zeigten übrigens die obersten 2 ebenfalls eine Abnahme gegen 1891, während das Wachstum in den unteren 6 Scheiben stieg. Das Verhalten von Kiefer 17 ist normal.

Kiefer 19 (Taf. VII).

Verlauf normal, 1887 keine Hebung, die übrigens auch bei den vorgenannten Stämmen nur als Ausbiegung der sinkenden Wachstumskurve erscheint. Die geringe Hebung 1897 dürfte mit Verschiebungen des Zuwachses am Stamm zusammenhängen, insofern von den 4 gemessenen Scheiben die beiden unteren eine Zunahme, die beiden oberen eine Abnahme des Wachstums gegen 1896 aufweisen.

Kiefer 18 (Taf. VII).

Schon früher (vergl. S. 87) wurde auf die Abnormität dieser Kiefer in Bezug auf das Spätholzprozent, sowie die Borkebildung hingewiesen. Ebenso zeigt das Flächenwachstum einige Abweichungen, indem 1888 eine Steigerung, 1894 eine Verminderung des Zuwachses — entgegen dem Verhalten der anderen Kiefern — eintritt. Alle 10 Scheiben zeigen das gleiche Verhalten. Wodurch diese Abweichungen bedingt sind, lieſs sich nicht ermitteln.

Kiefer 20—22 (Taf. V).

Der herrschende Stamm 20 zeigt nur 1895 eine Abweichung von dem gewöhnlichen Verlauf. Der unter Druck stehende Stamm 22 zeigt denselben Verlauf, nur bleibt das Wachstum 1894 zurück und steigt 1895 wie bei 20. Kiefer 21 verhält sich bis 1890 normal, dann tritt eine rapide Verminderung des Zuwachses ein, weil der Baum im Absterben begriffen war. An den oberen Stammteilen von Kiefer 21 Peridermium. Das Jahr 1887 zeigt auch hier wie bei den übrigen Stämmen auf mäſsig feuchtem Boden keine Hebung. Ich muſs daher annehmen, daſs die gröſsere Feuchtigkeit des Jahres 1887 zwar bei den Kiefern auf sehr trockenem Boden eine Zuwachssteigerung hervorrufen konnte, aber auf dem feuchteren Boden ohne wesentlichen Einfluſs blieb.

Kiefer 26, 27 (Taf. VIII).

Es handelt sich hier um Stämme von groſsem Umfang, eine jede Verminderung der Zellteilung ist daher mit einem bedeutenderen Zurückgehen des Flächenzuwachses verbunden, daher die groſsen Ausschläge in den einzelnen Jahren. Wachstum von 1881—1893 normal, nur 1894 zeigt kein Ansteigen der Wachstumskurve. Es wäre nicht ausgeschlossen, daſs

unter Umständen (vergl. auch Kiefer 22) durch die Trockenheit des Jahres 1893 eine Beschädigung der Wurzeln herbeigeführt war, die im folgenden Jahre nicht vollständig ausgeglichen wurde.

Kiefer 28 (Taf. V).

Der Boden war etwas feuchter als bei den vorausgenannten Stämmen, aufserdem handelte es sich um einen geschobenen, beträchtlich schief stehenden Stamm, zwei Umstände, welche auch gröfsere Unregelmäfsigkeiten, als sie hier bestehen, erklären könnten. Die Abweichung von dem normalen Gang des Wachstums bestehen hauptsächlich in der geringeren Hebung des Zuwachses im Jahre 1884, die jedoch hauptsächlich durch den geringeren Zuwachs der untersten Scheibe herbeigeführt wurde und gerade bei dieser Scheibe kommen am leichtesten solche Abweichungen vor. Die Jahresringe sind hier häufig wellig, die lokalen Ungleichheiten werden dann ausgeglichen, indem die im Wachstum begünstigten Teile später zurückbleiben. Ferner fällt an der Wachstumskurve das gleichniedrige Wachstum von 1887—1889 auf, während sonst 1889 stärker zurückbleibt. 1895 zeigt eine analoge Steigerung wie bei 20 und 22.

Die Voraussetzung, dafs die jährlichen Schwankungen klimatischer Faktoren in dem Wachstumsgang der räumlich getrennten Bestände einer Gegend gleichartig zum Ausdruck kommen, wird durch die vorstehenden Detailangaben vollauf bestätigt. Eine andere Erklärung dieser gleichsinnigen Schwankungen scheint mir nicht möglich zu sein.

Wie bei den mannigfaltig in einandergreifenden Faktoren, von denen die Wachstumsgröfse abhängig ist, nicht anders zu erwarten war, treten einzelne Unregelmäfsigkeiten zu Tage und die Wirkung anderer Faktoren verdeckt den Einflufs der verschiedenen Temperatur und Niederschlagsmenge. Dies wird besonders in den weniger charakteristischen Jahren der Fall sein. Nicht nur die Beschaffenheit des Bodens, nach welcher die Wirkung der Feuchtigkeit eine verschiedene ist, sondern namentlich auch die Dichtigkeit des Bestandes, der Kampf um Licht und Standraum, eventuell auch Durchforstungen führen Abweichungen herbei. Abgesehen von diesen äufsern Umständen macht sich besonders auch die mit der grofsen Periode des Dickenwachstums zusammenhängende Verschiedenheit der Wachstumsenergie geltend. Sehr alte Bäume, deren Dickenwachstum stark abgenommen hat, sind schon wegen der sehr schmalen Jahresringe und der geringen Fähigkeit auf günstige Faktoren zu reagieren weniger geeignet, den Einflufs der Temperatur und Feuchtigkeit zu zeigen. Ebenso werden der völligen Unterdrückung entgegengehende Stämme nur geringe Ausschläge ergeben, da hier die beträchtliche Verminderung der Ernährung alle anderen Einflüsse überwiegt.

Als Beispiel für das Verhalten der Kiefern in jungen Beständen sei auf das Wachstum der Kiefern 23 und 24 (Tab. 42, Taf. VI) verwiesen. Dieselben sind einem circa 26jährigen sehr dichten, noch nicht durchforsteten Stangenholz entnommen, dessen Bäume sich gegenseitig stark be-

drängen. Kiefer 23 mit stark ausgebildeter Krone ist ein herrschender kräftig entwickelter Stamm, während Kiefer 24 zwischen anderen Stämmen eingekeilt in der Entwickelung schon stark zurückgegangen ist. Man erkennt dies schon aus dem Höhenverhältnis, indem bei gleichem Alter Kiefer 23 eine Höhe von 10,7 m, Kiefer 24 eine Höhe von 8,8 m aufweist. Der Durchmesser von 23 beträgt 0,15 m über dem Boden 17,2 cm, von 24 0,2 m über dem Boden nur 5,8 cm.

Bei dem dichten Stand der Kiefern in jungen Stangenorten wird die einem Baume zukommende Lichtmenge naturgemäfs sehr verschieden sein, wie denn auch der Grad der Belichtung in verhältnismäfsig kürzeren Zeiträumen eine Abschwächung oder Erhöhung erfahren kann. Demgemäfs sehen wir bei der herrschenden Kiefer 23 bis zum Jahre 1891 ein dauerndes Ansteigen der Wachstumskurve, das nur durch einige wenige Schwankungen unterbrochen ist. Bei Kiefer 24, dem zuletzt unterdrückten Stamme herrscht dagegen in den letzten 13 Jahren eine fallende Tendenz. Aufserdem macht sich die grofse Periode des Dickenwachstums geltend, welche bei Kiefer 23 infolge der günstigen Belichtung zu einem längeren Ansteigen der Wachstumskurve führt, während bei Kiefer 24 die Vermehrung des Zuwachses durch den eintretenden Lichtmangel auf die ersten Entwickelungsphasen beschränkt wird.

Die gesteigerte (Kiefer 23) resp. verminderte (Kiefer 24) Lichtwirkung und die grofse Periode wirken zusammen, dafs die durch Temperatur und Feuchtigkeit gegebenen Differenzen sehr zurücktreten oder gar nicht zum Ausdruck kommen.

Bei Kiefer 23 zeigt die Gruppe 1881—1884 die gleichen Schwankungen wie die entsprechenden Jahre bei den älteren Kiefern, nach 1884 tritt jedoch an Stelle der Verminderung des Zuwachses zunächst ein gleich grofser Zuwachs, welchem 1888 und 1889 eine beträchtliche Zuwachssteigerung folgt; also gerade in jenen Jahren, welche sich sonst durch geringes Wachstum auszeichnen, wird durch Lichtwirkung und Ansteigen der grofsen Periode die Zuwachsverminderung teils aufgehalten, teils in Zuwachssteigerung verwandelt. Die Vermehrung des Zuwachses der Jahre 1890 und 1891 ist im Vergleich zu den anderen Kiefern gering. Nach 1891 fällt die Wachstumskurve gleichmäfsig, was wohl mit dem Absterben der unteren Äste zusammenhängt, die zur Zeit der Fällung (1895) eine zur normalen Assimilation nicht mehr ausreichende Lichtmenge erhielten. Es wäre nicht ausgeschlossen, dafs schon die relativ geringe Zunahme von 1890 und 1891 mit diesem Aufserbetriebsetzen der unteren Äste zusammenhängt.

Kiefer 24 zeigt nur Anklänge an den normalen Gang des Wachstums, die Wachstumsdifferenzen sind an sich gering und nicht regelmäfsig. Im Jahre 1890 tritt gegen 1889 zwar noch eine Erhöhung ein, von 1891 ab fällt die Wachstumskurve konstant, wegen zunehmender Unterdrückung des Stammes.

Da das Wachstum jüngerer Pflanzen den Schwankungen von Temperatur und Feuchtigkeit weniger folgt, müssen andere Faktoren diese Ein-

wirkung verdecken. Wir können daher auch sagen, daſs bei jüngeren Pflanzen die klimatischen Faktoren eine relativ geringere Bedeutung haben als bei älteren Pflanzen. Hiermit im Zusammenhang kann vielleicht eine Erklärung für die Thatsache gefunden werden, daſs Bäume, welche aus fremden Gebieten mit etwas abweichendem Klima stammen, in der Jugend ein kräftiges Wachstum und gutes Aussehen aufweisen und doch im späteren Alter vollständig versagen.

In dieser Beziehung sei z. B. auf die Schwarzkiefer Pinus Laricio verwiesen, welche in Norddeutschland und Norwegen als Waldbaum in der Jugend gut gedeiht, nach ca. 10—20 Jahren jedoch mehr oder weniger vollständig zurückgeht. Wenn hierbei auch Pilzwirkungen beteiligt sind (z. B. Cenangium Abietis), so glaube ich doch, daſs durch Pilze allein dieses Eingehen nach einer Periode kräftigen Wachstums nicht erklärt werden kann. Auch für andere ausländische Holzpflanzen ist die Ansicht ausgesprochen, daſs ein gutes Fortkommen in der Jugend noch keine Gewähr für ein gutes Gedeihen im späteren Alter ist. Solche Ausländer, etwas abweichenden klimatischen Verhältnissen angepaſst, sind in der Jugend eben unabhängiger von denselben und vertragen in der Jugend wegen der gröſseren Wachstumsenergie auch etwas ungünstigere Witterungsverhältnisse, die beim Zurückgehen der Wachstumsenergie nicht mehr oder doch nur schlecht ertragen werden. Sekundär kann damit eine verminderte Immunität gegen Pilzinfektion verbunden sein.

Auch in Bezug auf den Einfluſs der Bodengüte scheinen bei verschieden alten Kiefern Unterschiede zu bestehen. Pfeil hatte den Versuch gemacht die Bonität eines Bodens nach der Länge abzuschätzen, welche die Pflanze in den ersten Lebensjahren erreichen. Es zeigte sich, daſs dies nicht möglich sei, obwohl bekanntlich bei älteren Bäumen die Höhe unter sonst gleichen Verhältnissen einen ziemlich sicheren Anhaltspunkt für die Beurteilung der Güte des Bodens bietet. Es scheinen demnach auch gegenüber dem Einfluſs der Bodengüte jene anderen Faktoren, wie Steigerung der Wachstumsenergie und die verschieden dichte Stellung in der Jugend relativ mehr zur Geltung zu kommen.

B. Kiefern auf nassem Boden.

Die hier zu betrachtenden Kiefern befanden sich auf sehr nassem Boden mit hohem Grundwasserstand. Bei den Kiefern des Schutzbezirkes Grafenbrück, Jagen 276a war der Boden einen Teil des Jahres sogar von Wasser bedeckt.

A priori hätte man annehmen können, bei Kiefern auf derartig nassem Boden würde der Einfluſs der Niederschlagsmenge mehr oder weniger vollständig zurücktreten und die Einwirkung der Temperatur um so deutlicher zur Geltung kommen. Dies hat sich jedoch nicht bestätigt. Die Wachskurven dieser Kiefern verliefen wesentlich unregelmäſsiger bei zum Teil relativ geringeren Differenzen in den einzelnen Jahren. Einzig die Periode

von 1881—1885 trat durch das auffallende Wachstum der Jahre 1882 und 1884 deutlicher hervor, doch auch hiervon gab es einzelne Ausnahmen.

Bevor wir auf die hier zu berücksichtigenden Verhältnisse eingehen, ist es notwendig, das Wachstum der einzelnen Stämme zu betrachten.

Zur Konstruktion der Kurven der folgenden Kiefern dienten die Zahlen der Tabelle 41 (S. 102).

Kieter 33—37 (Taf. IX).

Obgleich es sich hier um Stämme eines gleichartigen Bestandes handelt, die in geringer Entfernung voneinander standen, differiert der Verlauf der Wachstumskurven nicht unbeträchtlich, das Jahr 1881 zeigt an allen Stämmen ein geringeres Wachstum als 1882. Während nun bei den Stämmen mit geringerem Wachstum die Kurve 1883 in analoger Weise wie bei den Stämmen auf trockenerem Boden fällt, findet sich bei den Stämmen mit ausgiebigem Wachstum im Jahre 1883 nicht nur keine Verminderung, sondern sogar eine Steigerung des Zuwachses. Das Jahr 1884 zeichnet sich bei allen Stämmen durch ein erhöhtes Wachstum aus, dem 1885 ein Abfall der Wachstumskurve folgt. Mit dem Jahre 1886 beginnen nun auffallende Differenzen, indem das Wachstum der Stämme mit besser ausgebildeter Krone (Kiefer 33—35) eine steigende Tendenz des Wachstums haben, während die Stämme mit geringer Krone (Kiefer 36 und 37) ihr Wachstum langsam vermindern. Ebenso wie bei den unterständigen Stämmen die Abnahme des Wachstums durch die Verminderung der Nadelmenge und des Lichtgenusses verursacht wird, ist die Zunahme des Wachstums bei den reich benadelten Kiefern auf eine Steigerung der Assimilation zurückzuführen, denn bei den Stämmen anderer Jagen (29, 30, 32) findet eine solche Zunahme nicht statt. Die Temperaturverhältnisse des Zeitraumes von 1885 bis 1889 haben sich bei den Pflanzen auf weniger nassem Boden als ungünstig erwiesen, bei diesen Stämmen auf nassem Boden tritt jedoch diese Einwirkung gegenüber dem Einfluſs einer vermehrten Assimilation vollständig zurück. Bei Kiefer 33 erleidet die Zunahme in den Jahren 1888 und 1889 eine Hemmung, bei Nr. 34 tritt dieselbe nur 1889 ein und bei Nr. 35 überhaupt nicht. Bei Kiefer 33 geht die Zunahme bis 1891, während bei den übrigen Stämmen 1891 einen mehr oder weniger beträchtlichen Abfall der Wachstumskurve aufweist. Ebenso verläuft die Kurve in den folgenden Jahren bis 1895 bei den Stämmen mit gröſserem Zuwachs nicht gleichsinnig.

Es handelt sich hier um Kiefern, aus einem ziemlich dichten und noch relativ jungen Bestand (1895 ca. 38 Jahre alt). Dementsprechend machen sich teilweise noch ähnliche Unregelmäſsigkeiten geltend, wie wir sie bei den ca. 26 Jahre alten Kiefern Nr. 23 und 24 kennen gelernt haben. Hierdurch sind auch die Abweichungen der einzelnen Stämme von einander zu erklären.

Kiefer 38 (Taf. IX).

Dieser 130 Jahre alte Stamm stand auf sehr feuchtem humosen Boden unmittelbar neben einem Erlenbruch mit stehendem Wasser. Die Krone war völlig frei. Die Wachstumskurve verläuft in ähnlicher Weise wie bei den Stämmen auf trocknerem Boden. Eine Differenz macht sich erst 1891

geltend, indem das Wachstum gegen das Vorjahr abnimmt und auch 1892 noch weiter zurückgeht. Vielleicht ist hier Nonnenfraſs beteiligt, der gleichzeitig in dem nicht weit davon entfernten Jagen 232 desselben Schutzbezirkes auftrat.

Kiefer 32 (Taf. IX).

Die Kiefern 32 und 13, 95 Jahre alt, gehören dem gleichen Jagen an. Während Nr. 13 sich auf einem ca. 20 m hohem, trockenem Dünenrücken befand, stand Nr. 32 am Fuſse dieser Düne in einer Niederung mit feuchtem Boden.

Der Verlauf beider Wachstumskurven ist ähnlich, 1882 Steigerung des Wachstums, 1883 Abnahme, 1884 beträchtlichere Zunahme. Die geringere Zunahme von 1882 ist als Nachwirkung des Fraſses von 1877 anzusehen. Das Wachstum fällt von 1885 bis 1890 mit einer Unterbrechung im Jahre 1887. Die Zuwachssteigerung im Jahre 1890 ist bei Kiefer 32 nur unwesentlich. Da die Nonne 1889 dort etwas gefressen hat, könnte die geringe Zunahme 1890 auf diesen Fraſs zurückzuführen sein. In den Jahren 1891 und 1892 Steigerung, 1893 und 1894 geringe Abnahme des Zuwachses. Der Verlauf in diesen letzten Jahren läſst keine charakteristischen Schwankungen erkennen.

Kiefer 30 (Taf. IX).

Die Jahre 1881—1884 zeigen dasselbe Verhalten wie sonst, 1885 macht sich eine weitere Steigerung des Wachstums über den Zuwachs von 1884 hinaus geltend, sodann fällt die Kurve bis zum Jahre 1890. Im Jahre 1891 und 1892 Steigerung, 1893—1895 Verminderung des Zuwachses. Fraſs hat, soviel ich ermitteln konnte, 1889 nicht stattgefunden, trotzdem die Abnahme 1890.

Kiefer 29 (Taf. IX).

Diese Kiefer stand in geringer Entfernung von Nr. 30. Bei einer Höhe von 13,5 m ist die sehr reiche Krone dieses Stammes schon bei 4,5 m angesetzt. Im Zusammenhang mit seiner freien Stellung zeigt dieser Stamm ein sehr ausgiebiges Wachstum. Die Jahre 1881—1885 zeigen die üblichen Veränderungen, wenn 1884 auch relativ hinter 1882 zurückbleibt, sodann fällt jedoch das Jahr 1886 durch seine auſsergewöhnliche Wachstumssteigerung auf und ebenso zeigt 1889 eine sonst nirgends zu beobachtende Zunahme. Nach einem Maximum 1892 und einem Minimum 1894 tritt 1895 wiederum ein ganz auffallendes Ansteigen der Kurve ein. Diese Schwankungen des Wachstums sind weder auf die Beschattung durch andere Stämme, noch auf Fraſswirkung zurückzuführen. Dieselben sind jedoch nicht so groſs, wie es bei dem Betrachten der Kurve den Anschein hat. Die Höhe des Wachstums an sich ist hier eine sehr beträchtliche, daher auch relativ gröſsere Abweichungen, auſserdem sind die Mittelwerte nur aus den drei untersten Scheiben (0,2—3,4 m Stammhöhe) gebildet, wo die Wachstumsdifferenzen gröſser sind. Bei den Kiefern 26 und 27, die ein ähnliches groſses Flächenwachstum zeigen, sind die Ausschläge noch wesentlich gröſser.

Vergleichen wir den Wachstumsgang bei den einzelnen Stämmen, so herrscht hier sicher eine gröſsere Verschiedenheit als bei den Kiefern auf trocknerem Boden. Nur die Jahre 1882 und 1884 zeigen durchwegs eine Steigerung gegen das Vorjahr, wenn auch nicht in dem Maſse wie auf trockenem Boden. In Jahren mit extrem günstiger Temperatur macht sich demnach auch an den Stämmen auf nassem Boden eine Wirkung derselben geltend. In den Jahren mit weniger ausgeprägten oder ungünstiger Temperaturverhältnissen ist ein solcher Einfluſs nicht zu erkennen.

Ich kann mir die Erscheinung nur dadurch erklären, daſs auf diesem nassen und anmoorigen Boden an sich die Vegetation später erwacht, als auf Bodenarten geringerer Feuchtigkeit. Es ist hier schon eine abnorm hohe Temperatur der Monate Januar bis April notwendig, damit ein früheres Erwachen der Vegetation erfolgt. Warming[1]) sagt »nasse Erde ist kalte Erde; daher entwickelt sich die Vegetation im Frühjahr auf Mooren und in Sümpfen spät und das Blühen findet spät statt.« Ebenso äuſsert sich E. Ramann:[2]) »Die Temperaturen gewachsener Böden sind von vielen Bedingungen abhängig; den bedeutendsten Einfluſs übt der Wassergehalt. Nicht nur die hohe Wärmekapazität des Wassers, sondern auch die bei der Verdunstung desselben gebundenen Wärmemengen drücken die Temperatur herab. Ähnlich wirkt der Humus, zumal er die Wasserkapazität des Bodens steigert. Die wasser- und humusreichen Böden werden sich daher bei Beginn der warmen Jahreszeit langsam erwärmen, dafür aber m Sommer und zumal im Herbste wärmer sein als Bodenarten von geringem Wassergehalt. Die Praxis unterscheidet daher zwischen warmen und kalten Bodenarten. Zu den letzteren rechnet sie die Humusböden und die Thon- zum Teil auch die Lehmböden; zu den ersteren die Sandbodenarten.«

Wenn wir auch für die hier in Betracht kommenden Standorte keine Temperaturmessungen haben, so dürfen wir nach dem Gesagten doch auf eine geringere Temperatur des Bodens gerade in jenen Monaten schlieſsen, die den Beginn der Vegetation und die Länge der Wachstumsperiode beeinflussen. Ob die niedrigere Temperatur dieser nassen und humusreichen Böden, durch Erschwerung der Wasseraufnahme oder die Herabsetzung der Temperatur im Stamm durch das aufgenommene Wasser wirksam ist, erscheint nach dem früher Gesagten (S. 122) zweifelhaft. Dagegen kann man eine andere indirekte Wirkung solch kalter Bodenarten nicht von der Hand weisen. Diese naſskalten Böden müssen gewissermaſsen als ein Kältereservoir wirken, das auch die Lufttemperatur in der Zeit vor Beginn des Wachstums herabsetzt, im Gegensatz zu den trockenen warmen Sandböden, welche einer weiteren Herabsetzung der Lufttemperatur entgegen wirken, indem ihre sich stark erwärmende Oberfläche Wärme an die Luft zurückstrahlt. Bei den nassen Bodenarten wird die abkühlende Wirkung

[1]) E. Warming, Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Deutsche Ausgabe von E. Knoblauch. Berlin 1896, S. 176.

[2]) E. Ramann, Forstliche Bodenkunde und Standortslehre. Berlin 1893, S. 94.

auf die Lufttemperatur in den Monaten Januar bis März, welche für die das Wachstum vorbereitenden Prozesse ausschlaggebend sind, erst dann vermindert werden, wenn die Erhöhung der Temperatur in diesen Monaten sehr beträchtlich ist. Wir sehen daher an den Kiefern auf nassem Boden nur in den durch ihre Temperatur besonders ausgezeichneten Jahren 1882 und 1884 eine allgemeine Steigerung des Zuwachses eintreten, während die Jahre mit weniger hoher Temperatur in den Anfangsmonaten keinen Einfluſs der Temperatur erkennen lassen. Möglicherweise wirkt bei dem Verhalten der Vegetation auf sehr nassen Böden auch noch ein anderer Umstand mit, auf welche Warming[1]) hingewiesen hat. In dem sehr nassen und sauerstoffarmen Boden kann die Wurzelthätigkeit durch die schwierigere Atmung herabgesetzt werden. Die Wurzeln der Sumpfpflanzen verbrauchen nach Freiberg in einer gewissen Zeit weniger Sauerstoff, als die der Landpflanzen, und damit ihre Arbeit mit der der oberirdischen Organe im Gleichgewicht bleiben kann, muſs auch die Thätigkeit dieser Organe herabgesetzt werden; dem möchte ich hinzufügen, daſs möglicherweise auch das den wachsenden Teilen zugeführte Wasser sauerstoffärmer ist und der Beginn des Wachstums hierdurch hinausgeschoben wird. Wenn in den Bäumen Fett in Stärke verwandelt wird, so ist hierzu Sauerstoff notwendig, weshalb ein Sauerstoffmangel sehr leicht die dem Wachstum vorausgehenden Umwandlungsprozesse hemmen könnte.

Auf trocknerem Boden markieren sich die charakteristischen Jahresringe besser, weil hier Temperatur und Niederschlag in gleicher Richtung wirkend leichter eine Steigerung oder Herabsetzung des Zuwachses hervorrufen, und nur in jenen Jahren, wo beide Faktoren in verschiedenem Sinne thätig sind, werden die individuellen Verhältnisse eines Stammes deutlicher zu Tage treten. Der Einfluſs der Regenmenge muſs bei den nassen Böden sehr zurücktreten, und wenn nun auch die jährlichen Schwankungen der Temperatur einen viel geringeren Einfluſs haben, so folgt daraus, daſs jene individuellen Verhältnisse wie Beschattung, Gang der groſsen Periode, Differenzen des Standortes mehr zur Geltung kommen, die Stämme demnach keinen so einheitlichen Gang des Wachstums aufweisen, wie auf den trockneren Bodenarten. Dazu kommen noch Differenzen in dem Stand und in den Schwankungen des Grundwasserspiegels, wodurch nicht nur die Wasseraufnahme, sondern auch die Temperatur des Bodens Veränderungen erleiden kann.

Gründe für die geringere Übereinstimmung des Wachstumsverlaufs auf nassen Böden sind demnach sehr wohl vorhanden, doch muſs ich zugeben, daſs eine weitere Untersuchung hierüber wünschenswert ist.

Die Untersuchungen dieses Kapitels haben gezeigt, daſs die Witterung einen beträchtlichen Einfluſs auf die Gröſse des jährlichen Zuwachses besitzt. Wie stark die Abweichungen sind, erkennen wir, indem wir nach

---

[1]) l. c. S. 176.

Tab. 55. Flächenwachstum von 1889 im Vergleich zu 1884.

Sehr trockner Boden		Mäfsig feuchter Boden		Sehr feuchter Boden	
Kiefer Nr.	1889 in % von 1884	Kiefer Nr.	1889 in % von 1884	Kiefer Nr.	1889 in % von 1894
1	59	14	55	29	89
2	33	15	32	30	57
3	39	16	38	32	51
4	49	17	51	33	87
5	10	18	41	34	131
6	33	19	34	35	149
7	30	20	45	36	40
8	36	21	59	37	21
9	49	22	27	38	55
10	51	26	·35	—	—
11	26	27	41	—	—
12	54	28	65	—	—
13	35	—	—	—	—
Mittel	39	Mittel	44	Mittel	76

den Zahlen der Tabellen 39—41 den Flächenzuwachs eines sehr günstigen Jahres (1884) mit einem sehr ungünstigen Jahre (1889) vergleichen, was durch Tabelle 55 veranschaulicht wird. Durchschnittlich betrug der Flächenzuwachs von 1889 auf sehr trockenem Boden 39 %, auf mäfsig feuchtem Boden 44 % und auf sehr feuchtem Boden 76 % des Flächenzuwachses von 1884. Das Herabgehen des Zuwachses ist demnach auf dem trockensten Boden nicht nur am gröfsten, sondern tritt auch am regelmäfsigsten ein. Die Kiefern auf sehr feuchtem Boden dagegen zeigen untereinander viel gröfsere Abweichungen, zum Teil tritt hier 1889 sogar eine Zunahme des Dickenwachstums auf, woraus im Anschlufs an das oben Gesagte der geringere Einflufs meteorologischer Faktoren hervorgeht. Auf dem sehr trockenen und mäfsig feuchten Boden sinkt das Wachstum im Jahre 1889 auf die Hälfte bis ein Drittel des Zuwachses von 1884, doch kommen ausnahmsweise noch weitergehende Reduktionen vor (vergl. Tab. 55).

In Anbetracht der Gröfse der Wachstumsdifferenzen, welche durch die meteorologischen Einflüsse entstehen, ist es notwendig, dieselben in Zukunft bei der Beurteilung des Effekts waldbaulicher Operationen, wie Durchforstung, Freistellung, mehr zu beachten, eine Forderung, die bereits von E. Mer, A. Schwappach ausgesprochen wurde, ohne dafs es bisher jedoch gelungen war, die Gröfse des Zuwachses mit den meteorologischen Faktoren in Zusammenhang zu bringen. Meine Untersuchungen zeigten zugleich, dafs man je nach der Feuchtigkeit des Bodens zu verschiedenen Resultaten gelangt, ebenso könnte auch die Zusammensetzung des Bodens einen Einflufs haben, da Lehm- und Sandböden vielfach andere Verhältnisse aufweisen. Da mir nur Sandböden vorlagen, konnten diese Unterschiede von mir nicht berücksichtigt werden.

Meine Untersuchungen führten auch zu einer Erklärung der sog. »charakteristischen« Jahresringe. A. von Seckendorff[1]) bezeichnete damit bei Pinus Laricio einzelne auffallende Jahresringe, welche sich mehr oder weniger an allen Stämmen eines Bezirkes entweder durch ihre Breite oder namentlich durch die Breite ihrer Spätholzzone auszeichneten. Von Seckendorff, sowie K. Böhmerle[2]) zeigten, daſs solche charakteristischen Ringe Stämmen aus sehr verschiedenen Gebieten gemeinsam sein können, auſserdem aber auch nur lokal vorkommen können.

Auf kleinere Bezirke beschränkte charakteristische Ringe werden nach Fraſsbeschädigungen auftreten, indem hierdurch sowohl die Ringbreite als namentlich die Spätholzbreite in bestimmter Weise verändert werden (vergl. Kap. 3). Vorsicht ist hier insofern geboten, als der Fraſs eventuell während zwei verschiedener Jahre an den einzelnen Stellen desselben Gebietes stattfinden konnte.

Gröſseren Gebieten gemeinsame charakteristische Ringe dürften jedoch immer durch übereinstimmende exzeptionelle Temperatur- und Regenverhältnisse entstehen. Im vorliegenden Kapitel ist nur die Gröſse der Ringbreite berücksichtigt, nach derselben würde die Gruppe der Jahre 1882 bis 1884, eventuell auch das Jahr 1889 charakteristische Jahresringe liefern. Im 13. Kapitel wird auſserdem gezeigt, daſs auch die Breite der Spätholzzone von meteorologischen Verhältnissen abhängig ist und bestimmte Jahre eine gröſsere oder geringere Menge von Spätholz aufweisen.

Bieten sich solche exzeptionellen meteorologischen Verhältnisse nur auf kleineren Gebieten, so werden hierdurch natürlich ebenfalls nur lokal charakteristische Ringe gebildet.

Auf die Bedeutung der Temperatur für die Verschiedenheiten der einzelnen Lokalertragstafeln habe ich schon früher (S. 144) hingewiesen.

In historischer Beziehung möchte ich noch bemerken, daſs bereits von verschiedenen Autoren auf den wahrscheinlichen Zusammenhang von Zuwachsgröſse und Witterungsverhältnissen hingewiesen worden ist, so von Pokorny,[3]) R. Hartig, Nördlinger, ohne sich jedoch auf besondere Untersuchungen zu stützen. Nördlinger[4]) meint, ein feuchtwarmes Jahr müsse die Entwickelung der Bäume begünstigen, wobei auch die vorausgegangene Winterfeuchtigkeit eine Rolle spiele. Nach R. Hartig[5]) sollten naſskalte Jahre den Zuwachs oft erheblich herabdrücken, so z. B. bei der Rotbuche im Jahre 1880 auf 80% der Vorjahre, während die Fichte in gleicher Lage die normale Ringbreite zeigte. Sehr trockene Jahre schädigen

---

[1]) A. von Seckendorff, Beiträge zur Kenntnis der Schwarzföhre (Pinus austriaca Höss.) I. Teil. Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs 1881, S. 47.

[2]) K. Böhmerle, Über charakteristische Jahresringe. Österreichische Monatsschrift für Forstwesen. XXXII. Bd. 1882, S. 524.

[3]) Pokorny, Botanische Zeitung 1869, S. 746; und »Über den Dickezuwachs und das Alter der Bäume, Schriften des Vereins zur Verbreitung naturw. Kenntnisse 1886, Bd. 6, S. 225.

[4]) Nördlinger, Deutsche Forstbotanik I. Bd. 1874, S. 166.

[5]) R. Hartig, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen 1891, S. 265.

den Zuwachs auf Böden von geringerer Frische. Es erschien R. Hartig wünschenswert, dafs der Einflufs des Witterungscharakters eines Jahres noch genauer festgestellt werde. Eine etwas umfassendere Untersuchung hat Henry[1]) über den Einflufs der Trockenheit des Jahres 1893 angestellt, derselbe hat mehr als 250 verschiedene Bäume, besonders Buchen, Eichen, Hainbuchen untersucht, und ist zu der Ansicht gelangt, dafs weniger die Beschaffenheit des Bodens, als die Tiefe der Wurzeln darüber entscheidet, wie grofs der Zuwachsverlust in einem sehr trockenen Jahre ist. Er betrachtet das Jahr 1891 als ein Normaljahr und drückt den Zuwachs von 1892, das auch schon trockener war, und den des sehr trockenen Jahres 1893 in Prozenten aus. Wenn auch die Thatsache richtig sein mag, dafs die Trockenheit 1893 das Wachstum herabdrückte, so ist es doch unzulässig, das Jahr 1891 als Normaljahr zu bezeichnen. Das Zusammenwirken von Temperatur und Niederschlagsmenge wird eben wechselnde Verhältnisse herbeiführen. Es ist ein Fehler Henrys, den Einflufs der Temperatur auf die Gröfse des Dickenwachstums nicht zu berücksichtigen, wie denn auch das Herausheben eines Jahres mit stark verminderten Zuwachses leicht zu Täuschungen führt, wenn man nicht die Verhältnisse eines längeren Zeitraumes vergleicht.

E. Mer[2]) hat sowohl die Jahresringbreite als die Länge der Triebe von Tannen und Fichten aus den Vogesen bestimmt. Uns interessiert in diesem Falle nur die Veränderung der Jahresringbreite. Nach Mer zeigte das Jahr 1883 im Vergleich zu dem Mittel von 1885—1894 wesentlich schmalere Ringe und ebenso bleibt die Ringbreite des Jahres 1888 hinter dem Mittel von 1885—94 unter Ausschlufs von 1893 zurück. Das geringere Wachstum im Jahre 1893 wird auf die Trockenheit, das von 1888 auf die niedrigere Sommertemperatur zurückgeführt. Zahlenangaben über Temperatur und Regenmenge fehlen vollständig und ebenso ist nicht einmal der Versuch gemacht, das Wachstum der übrigen Jahre mit den klimatischen Faktoren in Zusammenhang zu bringen. Alle derartigen Untersuchungen, wobei es sich um mehrere Faktoren handelt, die zudem noch in verschiedenen Zeitabschnitten anders wirken können, sind etwas unsicher und ich nehme dabei meine eigenen Untersuchungen nicht aus. Für unzulässig und wenig beweiskräftig mufs ich es aber erklären, wenn man, wie E. Mer es gethan hat, einzelne Jahre mit geringem Zuwachs herausgreift und nun mit beliebigen, dem Autor gerade auffallenden äufseren Faktoren in einen ursächlichen Zusammenhang bringt. Namentlich gilt dies von dem Jahre 1888. Ich habe daher keinen Grund, in diesen Untersuchungen E. Mers eine Widerlegung meiner Ansichten zu sehen, denn auch die Untersuchung der Witterungsverhältnisse in den Jahren 1887, 1892 und 1894 ist zu unvollständig, um als Beweis zu dienen.

---

[1]) Henry, Influence de la sécheresse de l'année 1893 sur la vegetation forestière en Lorraine. Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris 1894. Tom. C XIX., S. 1025 bis 1027.

[2]) E. Mer, Influence de l'état climatérique sur la croissance des sapins. Journal de botanique 1895, S. 178 ff.

In neuester Zeit hat J. Friedrich[1]) eine Arbeit »Über den Einfluſs der Witterung auf den Baumzuwachs« veröffentlicht. Leider entspricht der Inhalt dieser Schrift nicht seinem Titel. Es sind die Veränderungen des Baumumfanges in den einzelnen Tagesstunden und Monaten registriert, ohne daſs die durch verschiedenen Wassergehalt bewirkten Volumveränderungen von den Wachstumserscheinungen getrennt würden. Für die von mir behandelte Frage ist diese Arbeit daher nicht zu verwenden.

[1]) Mitteilungen aus dem forst. Versuchsw. Österreichs, der ganzen Folge XXII. Heft, 1897.

Fünftes Kapitel.

Die verschiedenen Anschauungen über die bei der Verteilung des Dickenwachstums mafsgebenden Faktoren.

Die Form eines Stammes ist von der Verteilung des sekundären Dickenwachstums abhängig. Die hierbei wirksamen Ursachen interessieren den Forstmann, insofern bei der Berechnung der Holzmasse eines Bestandes die Form des einzelnen Stammes eine wichtige Rolle spielt. Es liegt aber auch ein rein wissenschaftliches Interesse vor, indem die Verteilung des Zuwachses einen Einblick in das Ineinandergreifen der beim Wachstum thätigen Faktoren gestattet.

Es ist nicht meine Absicht, eine vollständige historische Aufzählung aller bekannt gemachter Thatsachen über die Gröfse des Zuwachses in verschiedenen Stammhöhen zu geben, es dürfte jedoch zur Klärung der vorliegenden Fragen beitragen, wenn ich an dieser Stelle die verschiedenen Anschauungen über jene Ursachen darlege, welche Wachstumsverschiebungen veranlassen.

Th. Hartig, H. v. Mohl, H. Nördlinger gehen bei ihren Untersuchungen von der Verschiedenheit der Jahresringbreite aus, während Prefsler und R. Hartig den Flächenzuwachs der in verschiedener Stammhöhe entnommenen Scheiben in den Vordergrund stellen. Die Ringbreite bietet ein annäherndes Mafs für die Zellteilungsfrequenz in radialer Richtung und somit für die Thätigkeit der einzelnen Kambiumzellen. Der Flächenzuwachs dagegen gestattet einen Vergleich der Gesamtleistung des Wachstums in den einzelnen Stammhöhen bei verschiedenem Durchmesser und annähernd auch die Beurteilung der zum Wachstum verwendeten Menge an plastischem Material. Dementsprechend werde ich auch bei meinen Untersuchungen den Flächenzuwachs zu Grunde legen.

Th. Hartig[1]) bezeichnet die Vollholzigkeit als eine Folge des früher eintretenden und höher hinauf sich fortsetzenden Absterbens der Schaftäste. Nach seiner Ansicht mufs an freistehenden, tief beasteten Bäumen der Zuwachs — die Jahrringbreite — in den unteren Baumteilen eine gröfsere als in den oberen sein, es mufs sich ein mehr kegelförmiger abholziger

[1]) Th. Hartig, Luft-, Boden- und Pflanzenkunde in ihrer Anwendung auf die Forstwissenschaft. 1861. S. 350.

Schaftwuchs herausbilden, da die Bildungssäfte im Baste nur nach unten wandern und die unteren Stammteile die Nahrungsstoffe von einer gröſseren Anzahl von Ästen erhalten. „Im Baume mit hohem Kronenansatze hingegen, wie wir ihn im geschlossenen Hochwaldbestande erziehen, ist der Zugang von Bildungssäften zunächst der Krone am gröſsten, er muſs infolge des dort schon eintretenden teilweisen Verbrauchs nach unten hin abnehmen. Infolgedessen ist dann auch an solchen Bäumen der Zuwachs in den höheren Schaftteilen ein gröſserer, oft bis zum Doppelten der Holzringbreite in tieferen Schaftteilen. Je mehr dies der Fall ist, um so mehr nähert sich die Schaftform der Walze, trotz der nach oben hin geringeren Zahl der Jahreslagen."

Auf welche Messungen sich Th. Hartig bei diesen Aufstellungen stützt, ist nicht angegeben, was um so wünschenswerter gewesen wäre, da eine frühere Angabe von Th. Hartig[1]) hiermit nicht übereinstimmt. Bei den als Oberholzbäume dienenden Buchen des Mittelwaldes seien gewöhnlich die Jahresringe über dem Wurzelstock am breitesten, nehmen dann bis zu einer Höhe von 10—15' ab, von da an bis zur Spitze hinauf wieder an Breite zu. Die gröſsere Breite der Ringe an der Stammbasis kann aber nicht der zuerst genannten Ansicht Th. Hartigs entsprechend durch Hinzutreten vermehrter Nahrungsstoffmengen verursacht sein, da Äste an der Stammbasis solcher im Bestande erzogenen Buchen nicht vorhanden sind.

Die Theorie, daſs die Verteilung des Wachstums am Stamme von der Menge des an einen Querschnitt gelangenden plastischen Materiales abhängt, schien so plausibel zu sein, daſs lange Zeit Zweifel an der Richtigkeit derselben nicht gehegt wurden. Man versuchte jedoch die Kenntnisse über die Verteilung des Dickenwachstums zu erweitern und durch neue Hilfshypothesen zu stützen.

H. von Mohl[2]) zog aus seinen Messungen an Tanne, Fichte, Kiefer, Lärche den Schluſs, daſs die Dicke der Jahresringe von unten nach oben konstant zunimmt, wobei kein Unterschied zwischen gutgewachsenen freistehenden und im Bestandesschluſs gewachsenen Bäumen bestehen soll. Stämme, welche tief genug untersucht wurden, weisen an der Basis eine mehr oder weniger auffallende Verbreitung der Jahresringe auf, welche Erscheinung H. von Mohl auf eine lokale Stauung des Nahrungssaftes beim Übergang in die Wurzel zurückführt. Er vergleicht diese Verdickung mit der Bildung eines Wulstes über einer ringförmigen Unterbrechung der Rinde. Daſs die Jahrringe am Stamme (von dessen unterstem Ende abgesehen) von oben nach unten an Dicke abnehmen, mag — nach Mohl — einen doppelten Grund haben. Einmal entwickeln sich dieselben im Frühjahre in absteigender Richtung, so daſs sie in der Baumkrone um mehrere Wochen am unteren Teile des Stammes voraus sind, somit eine längere

---

[1]) Th. Hartig, Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands. 1840 S. 158.

[2]) H. von Mohl, Beitrag zur Lehre vom Dickenwachstum des Stammes der dikotylen Bäume; Bot. Zeitung 1869, S. 6.

Vegetationsperiode besitzen, wie umgekehrt am einjährigen Triebe, der sich von unten nach oben entwickelt, im Herbste am unteren Ende eine dickere Holzlage als am oberen ausgebildet ist. Zweitens soll die Beschaffenheit der Rinde in Betracht kommen, welche der Ausbildung des Holzringes einen desto stärkeren mechanischen Widerstand entgegensetzt, je älter der Stammteil ist. Wie hieraus hervorgeht, legt Mohl der verschieden guten Ernährung der oberen und unteren Stammteile keine ausschlaggebende Bedeutung bei, und nur an der Stammbasis hat nach seiner Ansicht die vermehrte, sich hier anstauende Nahrungsmenge eine gröfseres Dickenwachstum zur Folge.

Einen weiteren Beitrag zur Beurteilung der vorliegenden Frage liefern die Aufästungsversuche, bei welchem die mit gröfserer und tiefer angesetzter Krone versehenen Bäume in solche mit hochangesetzter geringerer Krone künstlich verwandelt wurden, also gewissermafsen der Habitus eines freistehenden Baumes in den Habitus eines im geschlossenen Bestande erwachsenen Baumes verwandelt wurde.[1]) In diesen Beziehungen sind die Arbeiten H. Nördlingers[2]) zu erwähnen, welcher die Jahresringbreite von Laub- und Nadelhölzern vor und nach der Ästung in verschiedenen Baumhöhen untersuchte. Nördlinger schliefst aus seinen Messungen, dafs eine Beraubung an jüngeren (10—20jährigen) Stangen ohne bemerklichen Einflufs auf das Wachstum bleibe, sofern sich dieselbe nicht auf mehr als etwa ein Dritteil der vorhandenen Äste erstreckt. Eine stärkere, $^2/_3$ der Äste oder gar mehr begreifende Ästung führt dagegen unter allen Umständen, sofern nicht etwa Stammsprosse die verlorenen Organe ersetzen, eine Schmälerung der Ringe am Fufs und unteren Schaft herbei, während der Einflufs der Ästung im höheren Schaft und in der Krone fehlt oder relativ gering ist, so dafs notwendig der Stamm dadurch eine walzige Form annimmt. Unter Umständen kann in der Krone nach der Ästung sogar eine Steigerung der Jahresringbreite auftreten.

In einer späteren Abhandlung sagt Nördlinger,[3]) dafs bei Tanne und Fichte infolge der Ästung blofs eine Schmälerung der Holzringe am unteren Schafte, nicht aber eine Verbreiterung derselben in der Krone eintrete. Bei den Laubhölzern, Kiefern und Lärchen kann dagegen nach der Ästung eine Vergröfserung der Jahresringbreite in der Krone stattfinden.

Auf die Ursachen der Verschiebung des Wachstums geht Nördlinger in seinen älteren Arbeiten nicht näher ein, doch ist nach einzelnen Äufserungen dieses Autors anzunehmen, dafs er das Zuströmen der Nahrungsstoffe für ausschlaggebend hält.

In einer späteren Abhandlung führt Nördlinger[4]) Zahlen an, welche

---

[1]) Eine Analogie zwischen geästeten und im Schlufs gewachsenen Bäumen hat auch Pfeil angenommen; Pfeils Kritische Blätter 40. Band, II. Heft 1858. S. 108.

[2]) H. Nördlinger, Aufästung der Waldbäume. Pfeils Kritische Blätter 43. Band, II. Heft 1861. S. 239 ff.

[3]) H. Nördlinger, Aufästung der Waldbäume, weitere Ergebnisse. Pfeils Kritische Blätter 46. Band, II. Heft 1864, S. 86.

[4]) H. Nördlinger, Kritische Blätter 52. Band. I. Heft 1870, S. 80 ff.

zeigen, dafs ein im Schlusse gewachsener Baum in den oberen Schaftteilen breitere Ringe aufweist, als an der Basis, dafs sich dieses Verhältnis aber ändert, sobald der Baum vollständig freigestellt wird. Die Jahresringe sind in diesem Falle an der Basis breiter als an der Spitze. Über die Ursachen dieser Erscheinung äufsert er sich folgendermafsen[1]: »Physiologisch betrachtet erscheint in der That die Erbreiterung der Holzringe an tiefherab beasteten, freistehenden Bäumen von der Krone zum Fufs als Notwendigkeit. Jeder Schofs zeigt nach unten dicker werdende Holzringe, jeder Ast liefert einen Beitrag zum Holzring des Stammes. Gegen den Boden hin wirken hohe und niedere Äste zusammen. Nimmt man einen namhaften Teil der unteren Äste weg, so schmälert solches, oft sehr bedeutend, die nachfolgenden Holzringe des unteren Stammes«. Nördlinger bezeichnet zugleich das bedeutende Dickwerden der Ringe am unteren Teile des Schaftes, selbst wenn dieser bis auf $^2/_3$ seiner Länge hinauf vollkommen astrein ist, als merkwürdig. Von dem Standpunkte der Ernährungstheorie ist diese Erscheinung thatsächlich nicht zu erklären.

Die von Prefsler[2]) aufgestellten Lehrsätze können wir übergehen, da ihnen eine wissenschaftliche Begründung fehlt. Er geht nicht von thatsächlichen Messungen aus, sondern folgert aus seinen Ansichten über den Einflufs der Ernährung wie das Wachstum sein müfste, eine Methode, die nur zu Irrtümern führt. Bemerkenswert ist jedoch, dafs er an Stelle der Jahresringbreite die Untersuchung des Flächenzuwachses eingeführt hat.

Die zahlreichsten Untersuchungen über unseren Gegenstand hat R. Hartig veröffentlicht. Bei der Mannigfaltigkeit seiner Arbeiten ist es nicht möglich, dieselben hier im einzelnen zu referieren, ich mufs mich auf die Anführung seiner Anschauungen beschränken, wie er sie in seinem Lehrbuch der Anatomie und Physiologie, sowie in einzelnen besonderen Arbeiten zusammenfassend dargestellt hat.

R. Hartig[3]) verwirft die Jahresringbreite als einen Mafsstab zur Beurteilung der Zuwachsverhältnisse, weil dieselbe Ringbreite in verschiedenen Baumteilen einer sehr verschiedenen Zuwachsgröfse entspricht. Der Flächenzuwachs, der ja indentisch mit dem Massenzuwachs eines Baumteiles ist, giebt allein Aufschlufs über die Regeln der Wuchsform.

Die 1871 veröffentlichte Abhandlung „Über das Dickenwachstum der Waldbäume" bildet die Grundlage aller späteren Arbeiten Hartigs, deren Resultate wir zum Teil mit Hartigs eigenen Worten wiedergeben wollen.[4])

---

[1]) Kritische Blätter 52. Band, I. Heft 1870, S. 92.

[2]) M. R. Prefsler, Das Gesetz der Stammbildung 1865.

[3]) R. Hartig, Über das Dickenwachstum der Waldbäume; Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. 3. Band 1871, S. 70.

[4]) R. Hartig, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen 1891, S. 271.

R. Hartig, Über den Entwickelungsgang der Fichte im geschlossenen Bestande nach Höhe, Form und Inhalt. Forstl. naturw. Zeitschrift 1892, S. 176.

R. Hartig und R. Weber, Das Holz der Rotbuche 1888, S. 52.

R. Hartig, Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume 1885, S. 35.

In Bezug auf den Zuwachs sind drei Teile des Baumes zu unterscheiden, der Stamm innerhalb der Krone, der Stamm unterhalb der Krone und drittens der untere Stammteil (bei älteren Stämmen bis zu einer Höhe von 10—20').

Für die Baumkrone gilt das Gesetz, dafs innerhalb derselben die Gröfse des Zuwachses von der Spitze zur Basis hin wächst, da mit jedem neuen beblätterten Zweige, dem Muttersprosse und somit auch dem Hauptstamm neue Bildungsstoffe zugeführt werden. Solche Bäume, welche im freien Stande erwachsen, bis zu ihrem Fufse mit belaubten Ästen bedeckt sind, verhalten sich wie eine Baumkrone, und in der Regel nimmt bei ihnen der Zuwachs vom Gipfel bis zum Wurzelstocke so schnell an Gröfse zu, dafs sogar die Ringbreite eine nach unten zunehmende ist.

Innerhalb der Baumkrone bleibt die Ringbreite entweder in allen Teilen gleich, oder nimmt nach oben oder unten an Breite zu.

Im astfreien Schafte nimmt der Flächenzuwachs ebenfalls von oben nach unten zu, wenn der Baum eine voll entwickelte kräftige Krone besitzt. Der Flächenzuwachs bleibt sich auf grofse Strecken des Schaftes gleich, wenn die Krone seitlich durch die Nachbarstämme stark eingeengt ist. Wenn die Krone sehr schwach ist, wie dies bei allen unterdrückten, mehr oder weniger übergipfelten Bäumen der Fall ist, nimmt der Flächenzuwachs von oben nach unten ab.

Die Ringbreite nimmt im astfreien Schafte oft nach oben zu, kann sich aber auch in allen Teilen fast gleich stellen, oder bei ganz frei erwachsenen Bäumen von oben nach unten zunehmen.

Im unteren Stammteil giebt sich je näher der Wurzel, um so mehr eine auffallende Steigerung des Zuwachses zu erkennen, welche häufig selbst eine bedeutende Zunahme der Jahresringbreite zur Folge hat.

Die Verschiedenheiten des Dickenwachstums in den einzelnen Stammhöhen erklärt R. Hartig.[1])

1. durch die Menge der den einzelnen Höhen zuwandernden Bildungsstoffe;

2. durch die Zeit, welche der betreffenden Kambiumregion geboten ist, diese Stoffe durch die Prozesse der Zellteilung und des Zellwachstums zu verwerten;

3. durch die Temperaturverhältnisse unter denen diese Wachstumsprozesse vor sich gehen.

In den oberen Stammteilen ist der Kambiummantel am besten ernährt, da alle in der Krone produzierten Bildungsstoffe die oberen Stammregionen auf ihrer Wanderung passieren müssen. Bei mangelhafter Produktion verbraucht der Stamm alle oder die meisten Stoffe, und läfst den unteren Stammteilen wenig oder nichts zukommen. Im letzten Falle kann am unteren Stammteil die Jahresringbildung vollständig unterbleiben. In der Regel soll das damit verbundene Aufhören des Wurzelwachstums nach einigen

[1]) Lehrbuch S. 271.

Jahren das Vertrocknen der Stämme nach sich ziehen, durch Wurzelverwachsungen sollen jedoch auch solche Stämme längere Zeit, ja selbst über ein Jahrzehnt hinaus ernährt und am Leben erhalten werden.

Bei kräftiger Krone und reichlicher Produktion von Stoffen nimmt zwar in der Regel nicht die Ringbreite, wohl aber der Zuwachs nach unten zu, weil sich die Weite des Kambiummantels vergrößert, mithin die Zahl der Zellen, welche die Bildungsstoffe verarbeiten, vermehrt. Bei reicher Ernährung hat die Fähigkeit des Kambiums, Nährstoffe zur Zellbildung zu verwenden, auch im oberen Stammteile ihre Grenzen und wandern die Stoffe deshalb an jenen vorüber in die unteren Stammteile, wo sie sich über deren weiteren Kambiummantel verteilen. Zwar vermindert sich hier die Zuwachsthätigkeit der einzelnen Kambiumzellen und damit die Jahrringbreite, aber die grölsere Baumstärke veranlaſst trotzdem eine Steigerung der Zuwachsgröſse nach unten, wenn die Kronenthätigkeit eine sehr ausgiebige ist. Nur in seltenen Fällen und zwar bei ganz freistehenden, insbesondere bei solchen Bäumen, welche aus geschlossenem Bestande freigestellt worden sind, steigert sich der Zuwachs nach unten in dem Grade, daſs sogar die Ringbreite gröſser wird als sie im oberen Schaftteile ist.

Auſser in der Nahrungsstoffzufuhr sieht Hartig in dem verschiedenen Beginn der Kambialthätigkeit eine wesentliche Ursache der Wachstumsdifferenzen. Im Gipfel der Bäume geschlossener Bestände beginnt, durch die schnellere Erwärmung der Luft angeregt, das Wachstum früher, weshalb die Ringe hier breiter werden. Bei frei gestellten Bäumen beginnt infolge direkter Insolation oft die Zuwachsthätigkeit unten am Stamme ebenso früh oder gar noch früher wie oben, womit die Zunahme der Ringbreite nach unten zusammenhängen soll.

Eine seinen sonstigen Anschauungen widersprechende Auffassung giebt R. Hartig in seiner Arbeit über das Holz der deutschen Nadelwaldbäume (S. 36). An den im Schlusse erwachsenen Kiefern, Fichten und Lärchen eilt die kambiale Thätigkeit im Gipfel weit voraus. Die Thätigkeit des Kambiums fällt also im Gipfel dieser Bäume in die Monate Mai, Juni, Juli, während sie am Fuſse der Bäume in die Monate Juni, Juli, August fällt. Zweifellos — sagt Hartig — fällt also die kambiale Thätigkeit dieser Bäume oben mehr in die ungünstige Frühjahrszeit, umschlieſst dieselbe wenigstens vollständig, während der Zuwachs erst nach Eintritt der günstigeren Vegetationsverhältnisse beginnt und vorzugsweise im Hochsommer vor sich geht. Diese Verschiebung in den Sommer erklärt nach Hartig zur Genüge die bessere Ernährung und somit den kräftigeren Zuwachs des Kambiums im unteren Teile dominierender Bäume.

Nach den sonstigen Ausführungen Hartigs wäre der frühe Beginn der Kambialthätigkeit die Ursache des stärkeren Wachstums, während hier gerade in dem späten Beginn der Kambialthätigkeit die Ursache der Zuwachssteigerung gesehen wird.

Eine besondere Schwierigkeit für die Erklärung der Wachstumsverteilung im Baume durch Ernährungsverhältnisse bildete von Anfang an der

so beträchtlich gesteigerte Zuwachs im untersten Stammteile. Vielfach wurde bei den Messungen verschiedener Autoren das Wachstum an der Basis der Stämme einfach vernachlässigt, wählt man jedoch den untersten Querschnitt tief genug, so ist die Steigerung nicht leicht zu übersehen Nach Hartig ist es zur Zeit nicht möglich, eine allseitig befriedigende Erklärung zu geben, trotzdem versucht er durch verschiedene Hypothesen dies verstärkte Wachstum an der Stammbasis verständlich zu machen. Seine Annahmen führen jedoch immer wieder auf den Einfluſs der Ernährung zurück. In ähnlicher Weise wie H. v. Mohl nimmt Hartig eine Stauung der Nahrungsstoffe oberhalb des Wurzelstockes an. An Stelle verschiedener durch von Mohl geltend gemachter Ursachen der Stauung glaubt Hartig, daſs dieselbe durch die langsamere Erwärmung des Bodens bedingt sei; die Bildungsstoffe könnten nicht in die Wurzeln eindringen, weil die kambiale Thätigkeit der Wurzeln erst um mehrere Monate später beginne.

Auſserdem spricht Hartig die Vermutung aus, daſs der gröſsere Reichtum der untersten Stammteile an mineralischen Nährstoffen nicht ohne Einwirkung auf die unterste Stammanschwellung sein dürfte. In analoger Weise soll vermutlich die sehr beträchtliche Steigerung des Zuwachses an der Stammbasis nach der Freistellung, die mit einer Abnahme des Zuwachses in der Baumkrone verbunden sein kann, durch eine erhöhte Aufschlieſsung des Bodens zu erklären sein.[1])

Die Einwirkung des Zutrittes der Mineralstoffe auf die Schaftform läſst Hartig[2]) neuerdings fallen, nachdem sich an Eiche und Kiefer herausstellte, daſs der Zuwachs durch die Entfernung eines Teils des Wurzelsystems in allen Teilen des Baumes gleichmäſsig herabgemindert wird.

Nach dieser neuesten Publikation soll die Form des Zuwachses durch die Krone bestimmt werden, wobei Hartig jedoch auf die mechanische Beanspruchung des Stammes und die Folgen derselben keine Rücksicht nimmt.

Einen Einfluſs des durch Wind ausgeübten Druckes erkennt Hartig[3]) nur bei der Exzentrizität von Stämmen an (Kiefer, Fichte,) sowie im Gegensatz zu seinen früheren Anschauungen auch bei dem verstärkten Dickenwachstum an der Stammbasis.[4]) Seine Ansichten sind jedoch in dieser Beziehung schwankend und unsicher, da er zugleich an dem Einfluſs der Nahrungsstoffzufuhr auf die Stammform festhält.

R. Hartig hat im wesentlichen nur die Anschauungen seiner Vorgänger weiter verfolgt und da auch in den Arbeiten seiner Schüler nichts Neues zu Tage tritt, können wir die letzteren an dieser Stelle beiseite lassen.

---

[1]) Vergl. hierzu auch R. Hartig, Wachstumsuntersuchungen an Fichten. Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift. 1896 S. 10.

[2]) R. Hartig, Über den Einfluſs der Kronengröſse und der Nährstoffzufuhr aus dem Boden auf Gröſse und Form des Zuwachses und auf den anatomischen Bau des Holzes. Forstl.-naturw. Zeitschrift. 1898 S. 83.

[3]) R. Hartig, Das Rotholz der Fichte. Forstl.-naturw. Zeitschrift. 1896 S. 103 u. 159.

[4]) R. Hartig, Wachstumsuntersuchungen an Fichten. Forstl.-naturw. Zeitschrift. 1896 S. 45.

Eine wesentlich andere Anschauung über die Ursachen, welche die Verteilung des Dickenwachstums am Stamm bedingen, verdanken wir S. Schwendener.[1]) Derselbe hat zuerst darauf hingewiesen, daſs sich schön gewachsene groſse Fichtenstämme analog wie Gras- und Binsenhalme verhalten und annähernd Träger von gleichem Widerstande sind. Bei einer Biegung ist die Bruchgefahr in jedem beliebigen Querschnitt die gleiche. Die Tragfähigkeit der einzelnen Querschnitte muſs proportional dem Momente der auf sie bezogenen Kräfte zunehmen. Dementsprechend wird sich die Gröſse des Querschnittes eines Stammes nach dem Momente der biegenden Kräfte richten. Schwendener hebt ferner hervor, daſs die Gleichungen, welche für beliebige Träger mit kreisförmigem Querschnitt aufgestellt, und die Zahlenreihen, die daraus abgeleitet wurden (l. c. S. 96), hier nicht bloſs die äuſsere Form, sondern auch die jährliche Dickenzunahme beherrschen. Obgleich Schwendener von dieser Ansicht ausgehend nachweist, daſs die Dicke der Jahresschichten von der Basis nach der Spitze hin zunehmen muſs, nimmt er Bezug auf die von ihm nicht kontrollierten Angaben Sanios, nach denen die Jahresschichten oben wie unten am Stamm ungefähr dieselbe Mächtigkeit haben sollen. Sanios Messungen würden entschieden gegen die Schwendenersche Theorie sprechen, obgleich Schwendener[2]) in einer späteren Arbeit die vorliegenden Widersprüche zu beseitigen sucht. Diese Angaben sind jedoch in Wirklichkeit nicht im stande, die Schwendener'sche Theorie zu widerlegen, da sie auf Irrtum beruhen. Hierdurch werden auch jene Einwände welche Detlefsen[3]) auf Grund dieser Widersprüche gegen Schwendener erhebt, gegenstandslos.

Es handelt sich hier um den Widerstand gegen die biegende Kraft des Windes. Wie Schwendener anführt,[4]) hat der Wind annähernd dieselbe Wirkung wie ein im Schwerpunkt der Angriffsfläche konzentrierter seitlicher Zug. Bei schlanken Kiefern und Fichten, im geschlossenen Bestande mit verhältnismäſsig kleiner Krone nimmt nur die letztere den Stoſs des Windes auf, und dieser wirkt wie ein an dem oberen Ende des Schaftes befestigtes Seil, an dem gezogen wird. Freistehende bis unten beastete Bäume z. B. Fichten müssen sich anders verhalten, da sich der Druck des Windes auf die ganze Länge des Stammes verteilt und nach unten sogar mit dem Durchmesser der Krone zunimmt. Bei einem freistehenden, weit herab beasteten Baume muſs demnach der Durchmesser in basispetaler Richtung pro Längeneinheit in erheblich stärkerem Maſse zunehmen, als bei den nur mit einer geringen, hochangesetzten Krone versehenen Bäumen,

---

[1]) S. Schwendener, Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotylen 1874, S. 96 und 160.

[2]) S. Schwendener, Zur Lehre von der Festigkeit der Gewächse, Sitzungsber. der kgl. preuſs. Akademie der Wissenschaften. XLVI. Band 1884, S. 1068.

[3]) E. Detlefsen, Über die Biegungselastizität von Pflanzenteilen, Arb. d. bot. Instituts in Würzburg. III. Band 1884, S. 185.

[4]) S. Schwendener, Zur Lehre von der Festigkeit etc., S. 1066.

oder forstlich ausgedrückt freistehende Bäume sind abholziger, die Bäume eines dichteren Bestandes vollholziger.

Schwendener veranschaulicht die Form des Stammes bei verschiedener Verteilung der Angriffsfläche des Windes durch eine Figur und deutet auch an, daſs sich der Schaft innerhalb der Krone anders verhält als an den unbeasteten Teilen.

Wie wir sehen gebührt Schwendener das Verdienst, den Einfluſs des Windes und die Wirkung der mechanischen Beanspruchung auf die Form eines Stammes zuerst erkannt zu haben.

Eingehender hat sich mit diesen Fragen Metzker[1]) beschäftigt, der hierbei zu sehr interessanten Resultaten gekommen ist. Er hat nicht nur die in dieser Beziehung geltenden mechanischen Gesetze ausführlicher behandelt, sondern auch einer Anwendung der mechanischen Prinzipien auf das Wachstum der Bäume unter verschiedenen waldbaulichen Maſsregeln Bahn gebrochen. Für jeden denkenden Forstmann sind die Arbeiten Metzkers von der gröſsten Bedeutung, wenn sie vielleicht auch auf den ersten Blick nicht so überzeugend wirken, da er der direkten Widerlegung der bisher giltigen Anschauungen einen zu geringen Raum widmet. Ich hoffe jedoch, daſs meine eigenen Untersuchungen dazu beitragen werden die Metzkerschen Anschauungen in weiteren Kreisen zur Anerkennung zu bringen. Indem ich in Bezug auf die Begründung seiner Anschauungen auf die Arbeiten Metzkers selbst verweise, möchte ich doch einige wichtige Resultate desselben hier anführen.

Während Schwendener die Bäume nur annähernd als Träger gleichen Widerstandes bezeichnet, fällt nach Metzker eine solche Beschränkung fort und die Messungen der Stammquerschnittsradien an Fichten, welche Metzker giebt, entsprechen thatsächlich den Gleichungen der Mechanik für Träger gleichen Widerstandes mit kreisförmigem Querschnitt.

Da die Fichten sowohl, was Geradschäftigkeit als Form der Krone anbelangt, am regelmäſsigsten gebaut sind, hat Metzker bei seinen Untersuchungen hauptsächlichlich die Fichte im Auge. Es scheint mir jedoch nicht überflüssig zu sein auch andere Holzarten zu untersuchen.

Er unterscheidet am Stamme drei Teile: den Wurzelanlauf, den astfreien Schaft und den Schaft innerhalb der Krone.

Der Wurzelanlauf ist die Verankerung des Schaftes, durch die er fest mit dem Erdboden verbunden ist. Metzker vergleicht denselben mit einer Hülse, in welcher der übrige Stamm befestigt ist. Dementsprechend hat der unterste Teil des Stammes einen wesentlich gröſseren Durchmesser als dies die Form eines idealen Trägers gleichen Widerstandes erfordern würde.

Für den astfreien Schaft gilt das Gesetz für einseitig befestigte und einseitig belastete Träger von kreisförmigem Querschnitt, daſs die Kuben

---

[1]) Metzker, Der Wind als maſsgebender Faktor für das Wachstum der Bäume. Mündener Forstliche Hefte, herausgeg. von Weise, Heft 3, 1893. S. 35 ff.

Metzker, Studien über den Aufbau der Waldbäume und Bestände nach statischen Gesetzen. Mündener Forstliche Hefte, Heft 5 1894, S. 61 und Heft 6 1894, S. 94.

der Durchmesser oder der Radien der einzelnen Querschnitte sich verhalten wie die Entfernungen vom Angriffspunkte der Kraft. Bedeuten ϱ und r zwei verschiedene Radien eines Stammes, x und e die Entfernungen dieser Radien von dem in einem Punkte konzentriert gedachten Angriffspunkte der biegenden Kraft des Windes, so ist

$$\frac{\varrho^3}{r^3} = \frac{x}{e} \text{ oder } \varrho = \sqrt[3]{r^3 \frac{x}{e}}$$

Führt man die Messungen der Durchmesser resp. der Radien in stets gleichen Intervallen aus, so werden die Kuben der Durchmesser Glieder einer arithmetischen Reihe sein. Da die graphische Darstellung einer arithmetischen Reihe in einem rechtwinkligen Koordinatensystem eine gerade Linie ist, so kann man sich auf diesem Wege überzeugen, ob ein Stamm die Form eines Trägers von gleichem Widerstande besitzt.

Innerhalb der Krone ändern sich die Verhältnisse, indem hier die Angriffsfläche des Windes von Quirl zu Quirl kleiner wird und mit dem Druck die Beanspruchung des Schaftes abnimmt. Bei den Fichten, deren regelmäfsige Krone im Längsschnitt ein gleichschenkeliges Dreieck bildet, nehmen die Schaftdurchmesser innerhalb der kegelförmigen Krone im gleichen Verhältnis ab wie Kronenhöhe und Kronendurchmesser.

Metzker weist für verschiedene Fälle nach, dafs die bisher bekannten Thatsachen über die Verteilung des Wachstums am Stamm vollständig mit der Theorie übereinstimmen, dafs der Zuwachs nach statischen Gesetzen geregelt wird und der Wind derjenige Faktor ist, welcher die Form des Schaftzuwachses bestimmt.

Im ungestörten Freistande mufs im Schafte die Breite des Zuwachses von oben nach unten zunehmen. Bei Entfernung der unteren grünen Äste wird die Druckfläche für den Wind verringert, unmittelbar nach der Ästung besitzt der Schaft zunächst ein Übermafs von Biegungsfestigkeit und auch bei der Wachstumszunahme der geästeten Krone könnten die unteren Stammteile schwächer sein, weshalb der Zuwachs in dem oberen Schaftteile stärker gefördert wird. Der Schaft wird hierdurch vollholziger. Analog verhalten sich freistehende Bäume beim Einwachsen in Unterholz. Bei plötzlicher Freistellung eingewachsener Bäume wird durch die Abräumung des Unterholzes der dem Winde bisher entzogen gewesene Teil der Krone der Druckfläche wieder hinzugefügt und die Macht des Windes hierdurch gesteigert, der untere Teil des Stammes ist relativ zu schwach, weshalb das Dickenwachstum hier stärker gefördert wird. Einzelne weitere Spezialfälle können wir hier übergehen.

Der Aufbau des Schaftes als Träger gleichen Widerstandes bedeutet zugleich die möglichst ökonomische Ausnutzung des Baumaterials. Die zur Verdickung des Schaftes nicht verwendeten Baustoffe können in anderer Weise verbraucht werden und so steht denn auch, wie Metzker ausführt, der Höhenzuwachs in Beziehung zu der mechanischen Beanspruchung des Baumes. Ein Nachlassen des Höhenzuwachses tritt ein, wenn die veränderte Beanspruchung den Baum zu einem besonders starken Schaftzu-

wachs zwingt, eine Steigerung des Höhenzuwachses dann, wenn die Beanspruchung des Schaftes relativ oder absolut verringert wird.

Auf die weiteren Schlufsfolgerungen Metzkers, die Bildung von Wasserreisern sowie die Formzahlen betreffend, kann ich hier nicht eingehen, da dieselben mit dem von mir behandelten Thema nicht direkt zusammenhängen.

Die Sachssche Rindendrucktheorie und die Ernährungstheorie hält Metzker für ungeeignet, die verschiedene Verteilung des Dickenwachstums am Stamm zu erklären, auf eine spezielle Widerlegung derselben geht Metzker nicht ein.

Nach diesem historischen Überblick erscheint es mir notwendig auf den prinzipiellen Unterschied hinzuweisen, welcher zwischen den im wesentlichen auf die verschiedene Ernährung basierten Erklärungsversuchen von R. Hartig und seinen Vorgängern und der mechanischen Theorie Schwendeners und Metzkers besteht. Ist der Baum ein Träger gleichen Widerstandes, so findet dort das stärkere Wachstum statt, wo die mechanische Inanspruchnahme eine gröfsere ist. Die gröfsere mechanische Inanspruchnahme wirkt als Reiz auf die Wachstumsenergie und die Nahrungsstoffe strömen dort in gröfserer Menge zusammen, resp. werden in höherem Mafse zum Aufbau neuer Zellen verwendet, wo die Wachstumsenergie eine gröfsere ist. Die Wachstumsenergie ist das Primäre, das Hinzuströmen von Nahrungsstoffen ist sekundär.

Nach der Ernährungshypothese ist die Menge der zugeführten Nahrung mafsgebend, wie grofs das Wachstum an einer bestimmten Stelle ist, demnach wäre die Zufuhr von Nahrungsstoffen das Primäre und die Wachstumsenergie sowie die Gröfse des Wachstums erst sekundär davon beeinflufst.

In Bezug auf das Verhältnis von Stoffwanderung und Verbrauch kann ich mich auch auf die von W. Pfeffer[1]) ausgesprochenen Grundsätze berufen, nach welchen die Stoffwanderung allgemein durch das Bedürfnis' durch den Verbrauch und die Anhäufung reguliert wird.

Ebenso äufsert sich J. Sachs[2]): »jeder wachsende Teil der Pflanze wirkt auf die vorhandenen Baustoffe wie ein Anziehungszentrum.«

»Die Anregung zu den Stoffbewegungen wird aber immer durch das Wachstum der jungen Organe gegeben: die Knospen eines Baumes treiben im Frühjahr nicht etwa deshalb aus, weil, wie die Leute sagen, der Nahrungssaft in sie eindringt, sondern gerade umgekehrt: die Nahrungsstoffe werden in Bewegung gesetzt, weil die Knospen zu wachsen anfangen.«

Der Gedankengang, welcher der Ernährungshypothese zu Grunde liegt, ist wohl der, dafs unter günstigen Bedingungen, bei besserer Ernährung einer Pflanze das Wachstum gröfser ist als bei schlechter Ernährung. Diese Anschauung wurde auf die Verteilung des Wachstums am Stamm übertragen, indem man annahm, eine lokale Vermehrung der Nahrungsstoffe

---

[1]) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie I. Band, II. Aufl. 1897, S. 584, 592, 600, 601.

[2]) J. Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie 1882, S. 439.

müsse auch lokal das Wachstum steigern. Ein derartiger Schlufs ist aber falsch. Es kann eine Aufspeicherung von Nahrungsstoffen auch an Orten eintreten, wo gar kein Wachstum stattfindet. Ebenso genügt die Gegenwart von Nahrungsstoffen nicht, um einen nichtwachsenden Pflanzenteil zum Wachstum anzuregen. Jene Faktoren, welche bestimmen, ob an einer Stelle überhaupt Wachstum möglich ist, müssen auch auf die Quantität des Wachstums in erster Linie von Einflufs sein.

Die Wachstumsenergie der einzelnen Teile einer Pflanze ist keineswegs gleich, die verschiedenen Organe und dieselben Organe in verschiedener Höhe zeigen im Gegenteil zumeist eine sehr ungleiche Wachstumsenergie, die nicht erst durch die Quantität der Nahrungsstoffzufuhr hervorgerufen wird. Nehmen wir z. B. im Wachstum begriffene Blätter oder Blattanlagen, so geben diese die von ihnen assimilierten Stoffen nicht an die Sprofsachsen ab, ja sie können sogar den letzteren Stoffe entziehen. Ist dagegen die Wachstumsenergie in den Blättern beträchtlich vermindert oder das Wachstum überhaupt beendet, so geben die Blätter ihre Assimilationsprodukte an andere Organe ab, welche eine gröfsere Anziehungskraft für die Nahrungsstoffe besitzen. Mit der gröfseren Wachstumsenergie ist selbstverständlich ein gröfserer Gebrauch an Nahrungsstoffen verbunden, und in weiterer Folge kann den mit gröfserer Wachstumsenergie ausgestatteten Pflanzenteilen auch eine gröfsere Anziehungskraft für die Nahrungsstoffe zugesprochen werden. Zellen, resp. Pflanzenteile mit gröfserer Wachstumsenergie werden daher anderen Teilen die disponiblen Nahrungsstoffe teilweise oder vollständig entziehen können, sobald die letzteren eine geringere Wachstumsenergie besitzen. Es findet in der Pflanze gewissermafsen ein Kampf der einzelnen Teile um die Nahrung statt, bei welchem äufsere Faktoren als Reize wirken und hemmend oder fördernd auf bestimmte Teile wirken können.

Von der Anschauung aus, dafs die gröfsere Wachstumsenergie erst den weiteren Zuflufs von Nahrungsstoffen hervorruft, mufs man jene Theorieen, welche die Verteilung des Wachstums auf ungleiche Ernährung zurükführen, verwerfen.

Wir können jedoch die Beziehungen zwischen Ernährung und Wachstum noch in anderer Weise auffassen. Wie früher gesagt (S. 3), bezeichne ich die für das Wachstum disponiblen und verwendeten Spannkräfte als Wachstumsenergie. Diese Energieen können durch verschiedene Ursachen ausgelöst werden. In dem von uns betrachteten Falle der Verteilung des Dickenwachstums am Stamm kann nun auf die Wachstumsenergie, abgesehen von anderen Faktoren, die Zufuhr von gewissen Stoffen, die Temperatur ebenso als auslösender Reiz wirken wie Druck und Zug.[1] Die den wachsenden Geweben zugeführten Nahrungsstoffe können, obwohl sie direkt zum Aufbau der Gewebe notwendig sind, auch als Reiz wirken. Die

[1] Man vergl. hierzu W. Pfeffer, Einleitende Betrachtungen zu einer Physiologie des Stoffwechsels und Kraftwechsels in der Pflanze 1896, S. 25 und 26.

Nahrungsstoffe könnten sogar in derselben Weise als chemischer Reiz wirken wie Substanzen, die zum Aufbau der Gewebe nichts beitragen, doch ist dies nicht wahrscheinlich.

Nahrungsstoffe sind zur Bethätigung der Wachstumsenergie notwendig, die Menge der Nahrungsstoffe hat Einfluſs auf die Gröſse des Wachstums der ganzen Pflanze. Die Nahrungsstoffe stellen aber nur einen das Wachstum beeinflussenden Faktor dar, dem andere gleich oder stärker wirkende Ursachen entgegentreten können.

Von dem Standpunkte aus, daſs es sich um Reizwirkungen und Auslösungen von Wachstumsvorgängen handelt, sind sowohl die von R. Hartig angeführten Erklärungen als die von Schwendener und Metzker angenommenen Ursachen a priori in gleichem Maſse möglich. Da jedoch die Thätigkeit eines bestimmten Reizes die Wirkung eines zweiten Reizes teilweise oder ganz aufheben kann, werden wir zu untersuchen haben, wie die verschiedenen Reize ineinander greifen, ob sie nebeneinander zur Auslösung gelangen, oder ob nur ein bestimmter Reiz die Verteilung des Wachstums am Stamm resp. die Form des Stammes beherrscht.

Um diese Fragen zu beantworten, haben wir einerseits zu prüfen, ob die Schaftform der Kiefern der Wirkung jener Faktoren entspricht, die R. Hartig angeführt hat (vergl. S. 150), oder ob der Stamm vollständig die Gestalt eines Trägers gleichen Widerstandes aufweist. Wäre der Stamm nur annähernd ein Träger gleichen Widerstandes, so würde dies bedeuten, daſs zwar die mechanische Wirkung einen Einfluſs auf die Form hat, andere auslösende Faktoren, etwa die Nahrungszufuhr, Beginn des Wachstums etc. jedoch diesen Einfluſs zum Teil aufheben (vergl. Kap. 8).

Bevor ich jedoch zu diesen Untersuchungen übergehe, muſs ich auf eine Thatsache aufmerksam machen, welche weder von Schwendener noch von Metzker berücksichtigt worden ist. Es handelt sich bei dem Kiefernstamm keineswegs um einen homogenen, in allen seinen Teilen gleichmäſsig elastischen und festen Körper. Wie wir aus dem Prozentverhältnis von Frühholz und Spätholz ersehen werden, nimmt die Festigkeit von der Basis nach der Spitze zu sehr bedeutend ab. Wenn daher die Formel $\varrho = \sqrt[3]{r^3 \frac{x}{e}}$ (vergl. S. 155) für alle Querschnitte des Schaftes unterhalb des Kronenansatzes zutrifft, so folgt daraus noch nicht, daſs der Schaft wirklich ein Träger gleichen Widerstandes sei, da diese Formel nur für homogene Träger gilt. Auch wenn der Schaft unterhalb der Krone ein Cylinder wäre, also der obigen Formel nicht entspräche, könnte er bei einer bestimmten Zunahme der Festigkeit von oben nach unten ein Träger gleichen Widerstandes sein. Andererseits wird ein Stamm, der jener Formel vollständig entspricht, trotzdem einen von der Spitze nach der Basis hin vergröſserten Widerstand besitzen, wenn die Festigkeit des Holzes an der Basis eine gröſsere ist.

Man kann nicht einmal behaupten, daſs es für die Erhaltung einer Spezies im Kampfe ums Dasein am vorteilhaftesten sei, ihren Schaft als

Träger gleichen Widerstandes aufzubauen, wie dies Metzker annimmt. Allerdings erfordert ein Träger gleichen Widerstandes den geringsten Materialaufwand, um eine bestimmte Verstärkung von Schaft und Ästen zu erreichen, und dementsprechend bleibt für die Vermehrung der assimilierenden und aufnehmenden Organe eine um so gröfsere Menge von Nahrungsstoffen disponibel, je weniger Baustoffe zur Verstärkung der Tragachsen notwendig sind. Andererseits haben wir zu beachten, dafs der gröfseren Widerstandsfähigkeit eines Körpers gegen eine Biegung eine gröfsere Steifheit entspricht. Durch die gröfsere Verstärkung der unteren Teile eines Baumschaftes werden die Ausbiegungen des ganzen Stammes verkleinert und das Anschlagen der Äste an benachbarte Stämme, wobei sie leicht gebrochen werden können, zum gröfsten Teil verhindert. Aber auch wenn dies ohne Belang sein sollte, wäre möglicherweise für die Kiefer eine gröfsere Biegungsfähigkeit der oberen Stammteile und der Äste von Vorteil, indem die Äste dem Anprall des Windes leichter nachgeben und so besser vor Bruch gesichert sind.

Wie ich mich an Photographieen, die ich während eines heftigen Sturmes aufnahm, überzeugte, biegen sich hohe starke Kiefern hauptsächlich in den oberen Teilen, während das untere Viertel des Schaftes kaum ausgebogen wird. Es will mir demnach scheinen, dafs in dem unteren Teile einer Kiefer der Aufbau eine möglichst grofse Steifheit bedingt, während in den obersten Teilen des Schaftes und in der Krone die Steifheit zwar zum Tragen der darauf ruhenden Last genügt, daneben aber für gröfsere Biegungsfähigkeit gesorgt ist.

Wie Schwendener[1]) anführt, wird die Biegungsfähigkeit gesteigert 1. bei gegebener Anordnung durch gröfsere Dehnbarkeit des Materials 2. bei gegebenem Material durch Verlegung desselben in die neutrale Achse und deren unmittelbaren Nähe. Bei der Art des Dickenwachstums unserer Kiefern ist die zweite Möglichkeit ausgeschlossen, die gröfsere Biegungsfähigkeit in den oberen Stammteilen kann also nur durch die Beschaffenheit des Materials herbeigeführt werden. Das dünnwandige Holz in den oberen Stammteilen ist aber wesentlich dehnbarer, als das aus bei weitem mehr Spätholz bestehende Holz der unteren Stammteile.

Wir werden daher im folgenden weniger Gewicht auf die Konstruktion der Bäume als Träger gleichen Widerstandes legen, sondern zu untersuchen haben, ob die Kieter die Form eines Trägers gleichen Widerstandes besitzt und durch welche Einflüsse diese Form entsteht. Sollte es Bäume geben, bei welchen das Holz in den verschiedenen Stammhöhen gleiche Biegungsfestigkeit resp. Elastizität aufweist, so würde sich dies möglicherweise auch in der äufseren Form ausdrücken, weshalb es nicht zulässig ist, die an einer Holzart gefundenen Resultate ohne weiteres zu verallgemeinern.

---

[1]) S. Schwendener, Zur Lehre v. d. Festigkeit S. 1058.

Wir verdanken W. Roux[1]) den Begriff der »funktionellen Struktur« eines Organes, das ist eine Struktur, welche sich der Funktion eines Organes so anschmiegt, dafs sie blofs die Linien stärkster Funktion insubstantiiert und daher die gegebene Funktion mit dem Minimum an Material oder mit dem gegebenen Material das Maximum an Funktion leistet.

Als funktionelle Anpassung bezeichnet Roux[2]) die Anpassung an die Funktion durch Ausübung derselben. Diese funktionelle Anpassung kann eine quantitative und eine qualitative sein.[3]) Die quantitative funktionelle Anpassung vergröfsert bei nicht zu rascher Steigerung der mittleren Funktionsgröfse die Gröfse des Organes so lange, bis durch Aktivitätshypertrophie ein morphologisches Gleichgewicht zwischen der neuen Funktionsgröfse und der Gröfse des Organes hergestellt ist. Es kann blofs diejenige Dimension des Organes vergröfsert werden, welche die stärkste Funktion leistet. Die qualitative Anpassung besteht darin, dafs bei gesteigerter mittlerer Funktionsgröfse neben der quantitativen Zunahme auch die spezifische Leistungsfähigkeit in gewissem aber beschränktem Mafse eine Steigerung erfährt.

Übertragen wir diese Begriffe auf die Ausbildung des Stammes der Kiefer, so äufsert sich die quantitative Anpassung an die mechanischen Ansprüche, welchen der Stamm genügen mufs, dadurch, dafs das Dickenwachstum des Stammes an jenen Stellen am meisten gefördert wird, wo die mechanischen Ansprüche am gröfsten sind. Als qualitative Anpassung dagegen ist die festere Ausbildung der Holzzellen, resp. die vermehrte Ausbildung von dickwandigen Spätholzzellen anzusehen, wodurch das Holz gerade an denjenigen Teilen eine gröfsere Festigkeit erhält, wo die mechanischen Ansprüche dies erfordern.

In den folgenden Kapiteln soll zunächst nur die quantitative funktionelle Anpassung behandelt werden, während auf die qualitative Anpassung erst im zweiten Teile dieser Arbeit eingegangen wird.

---

[1]) W. Roux, Gesammelte Abhandlungen über Entwickelungsmechanik der Organismen. 1895. Bd. I, S. 462.

[2]) Ebenda, S. 157.

[3]) Ebenda, S. 757.

Sechstes Kapitel.

Exzentrisches Dickenwachstum. Einwirkung von Druck und Zug.

Ich bin der Ansicht, daſs jene Faktoren, welche die Verteilung des Dickenwachstums auf die verschiedenen Höhen des Stammes bewirken, auch für die Bildung exzentrischer Jahresringe maſsgebend sind. Es sind dies longitudinale Zug- und Druckkräfte, welche als Reiz wirkend die Gröſse des Zuwachses regulieren. Da die Verhältnisse bei den exzentrisch gewachsenen Scheiben einfacher liegen, möchte ich vorerst nur auf das ungleiche Dickenwachstum in den verschiedenen Richtungen eines Querschnittes eingehen.

Ein sehr geeignetes Material für die Untersuchung der vorliegenden Fragen boten die Kiefern 39 und 40, bei welchen der Wipfel im jüngeren Alter abgebrochen war und in der Folge ein stärkerer Seitenast die Weiterbildung der Krone übernommen hatte (Fig. 2 bis 4).

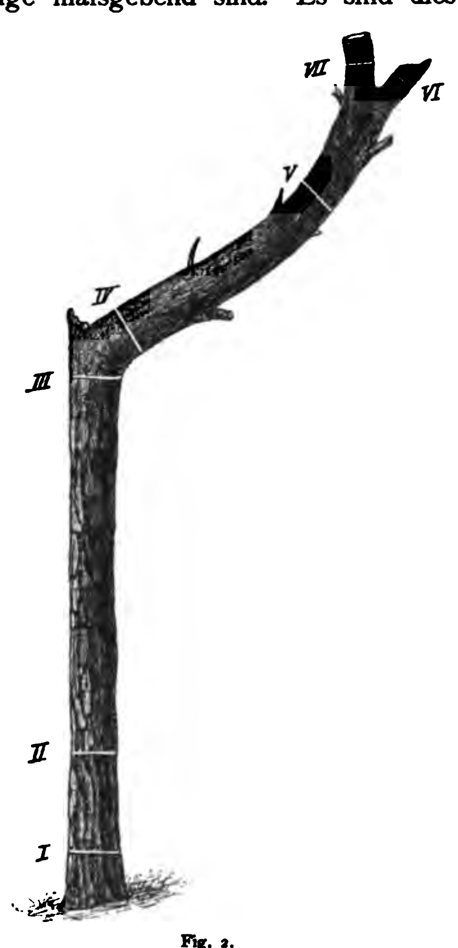
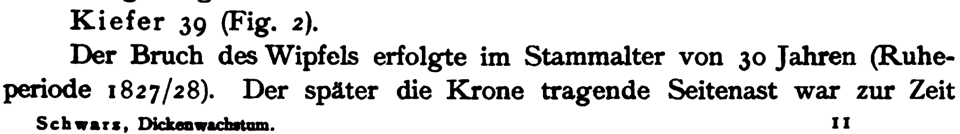


Fig. 2.

Diese Kiefern standen an der Südseite eines ca. 98jährigen Bestandes. Der freie Bestandsrand war dem groſsen Plagesee zugewendet, der Untergrund war feucht, die oberen Erdschichten relativ trockener Sand, da die Stammbasis höher als der Wasserspiegel des Sees stand. Die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens waren für den Zuwachs günstig.



Kiefer 39 (Fig. 2).

Der Bruch des Wipfels erfolgte im Stammalter von 30 Jahren (Ruheperiode 1827/28). Der später die Krone tragende Seitenast war zur Zeit

des Wipfelbruches 14 Jahre alt, derselbe hatte sich, wie aus der Ringbreite hervorgeht, auch schon vor der Entfernung des Wipfels gut entwickelt. Der Stamm wurde im November 1895 gefällt, die Zeit nach dem Wipfelbruch betrug demnach 68 Jahre.

Der Hauptstamm hatte eine Länge von 4,85 m und war etwas nach Süden übergeneigt. Der zum Träger der Krone gewordene Hauptast war auf eine Länge von 2 m gerade, seine Richtung wich ca. 30° von der Horizontalen ab, bog sich sodann nach aufwärts und gabelte sich 3,45 hinter der Ansatzstelle in einen stärkeren und schwächeren Ast. Die Länge des stärkeren Astes über der Gabelungsstelle betrug 9 m, so daſs der ganze Stamm eine Länge von ca. 17,3 m hatte. Die Krone, dem Bestandsrande abgewendet, war sehr reich verzweigt und dicht benadelt.

Die Oberseite der Scheibe I liegt 0,35 m
„ „ II „ 1,3 m
„ „ III „ 4,7 m über dem Boden.

Scheibe III befindet sich unmittelbar unter der Ansatzstelle des Hauptastes, während Scheibe IV die erste Scheibe des Hauptastes ist. Scheibe V liegt vor der Biegung des Hauptastes jedoch unter seiner Gabelung. In Fig. 2 ist die Lage der Scheiben entsprechend den gemessenen Entfernungen eingetragen. In den Photographieen der Scheiben (Taf. I Fig. 1 bis 5) ist das vor dem Wipfelbruch gebildete Holz dunkel gehalten, in dem nach dem Wipfelbruch gebildeten Holze ist immer der 10. Jahresring in seiner ganzen Breite dunkel gefärbt. Die Nummern der Figuren auf Taf. I entsprechen den Nummern der einzelnen Scheiben. Die Figuren sind in $^1/_5$ ihrer natürlichen Gröſse ausgeführt.

Im Hauptstamme sind die Jahresringe vor dem Wipfelbruch mehr oder weniger konzentrisch. An dem Hauptast ist an der basalen Scheibe IV eine wenn auch nicht bedeutende Förderung der Unterseite wahrzunehmen, während Scheibe V annähernd gleichseitig ausgebildete Jahresringe aufweist. Nach erfolgtem Wipfelbruch ändert sich die Verteilung des Wachstums sehr beträchtlich und zwar am stärksten an den Scheiben III und IV. Jene Seiten, auf welche vermöge der einseitigen Belastung durch den nach Südosten gerichteten Hauptast ein Zug ausgeübt wird, bleiben im Wachstum sehr zurück, während an der Druckseite das Wachstum in abnormer Weise gesteigert wird. Wegen der Form der Jahresringe wäre es mit zu groſsen Schwierigkeiten verbunden gewesen, den Flächenzuwachs zu bestimmen, wir müssen uns deshalb damit begnügen, die Differenzen der Radien in der Richtung des stärksten Zuges und Druckes anzugeben.

War thatsächlich der Druck die Ursache des einseitigen Wachstums, so muſste die Zuwachssteigerung dort am gröſsten sein, wo der Druck am stärksten war. Dies ist thatsächlich der Fall. Das Gewicht der Krone übt einen um so gröſseren Druck aus, je länger der Hebelarm ist, daher ist an der Basis des Hauptastes (Scheibe IV, Taf. I Fig. 4) die Exzentrizität wesentlich gröſser als bei der Scheibe V (Taf. I Fig. 5), welche 2 m von Scheibe IV entfernt ist (Tab. 56).

Tab. 56. **Kiefer 39.**

	Zuwachs	Jahre	Radius, mm		Verhältnis von Druckseite zur Zugseite
			Druckseite	Zugseite	
Scheibe III	Vor dem Wipfelbruch	15	72,5	65,5	1 : 0,903
	Nach dem Wipfelbruch	68	281,0	13,0	1 : 0,046
Scheibe IV	Vor dem Wipfelbruch	14	35,5	25,0	1 ; 0,704
	Nach dem Wipfelbruch	68	330,0	42,0	1 : 0,127
Scheibe V	Vor dem Wipfelbruch	8	21	19	1 : 0,904
	Nach dem Wipfelbruch	68	225	97	1 : 0,431

An dem Hauptstamm ist die Exzentrizität an der Spitze am gröfsten (Scheibe III, Taf. I Fig. 3), weil hier der seitliche Druck des Hauptastes unmittelbar wirkt. An den basalen Teilen des Stammes wirkt die seitliche Belastung durch den Hauptast nicht direkt, es ist hier vielmehr die Druckverteilung mafsgebend, welche durch die Bewegungen des ganzen Baumes hervorgerufen wird. Die Kiefer 39, am Südrande eines Bestandes stehend, war durch denselben gegen Nordwest-, Nord- und Nordostwinde geschützt. Der Druck der West- und Ostwinde wirkte aber auf die Stammbasis nicht in der Richtung West-Ost, weil der Hauptstamm etwas nach Süden und die Krone mit dem Hauptast nach Südost geneigt war.

Ebenso schwingt der Baum bei südlichen Winden besonders in der Richtung Südost nach Nordwest. Da die durch den Wind verursachten Schwingungen keinen so einseitigen Druck ausüben wie die unmittelbare Belastung durch den Hauptast, finden wir an der Stammbasis auch nicht eine Seite so stark im Wachstum bevorzugt, und nur die Hauptschwingungsrichtung Südost—Nordwest ist im Wachstum etwas gefördert (Scheibe I, Tafel I, Fig. 1). Dies finden wir jedoch schon vor dem Wipfelbruch, durch die einseitige Beastung ist demnach an Scheibe I keine wesentliche Verschiebung der Zuwachsverteilung eingetreten.

Da sich der Hauptast 0,95 m über der Scheibe V in die Fortsetzung des Hauptastes und einen schwächeren Seitenast teilt, so finden wir der Druckwirkung dieses letzteren Seitenastes entsprechend an der rechten Seite dieser Scheibe eine Ausbauchung in den letzten 20—30 Jahren. Vorher dürfte dieser Seitenast zu schwach gewesen sein, um eine Wirkung auszuüben.

Kiefer 40 (Fig. 3 und 4).

Diese Kiefer zeigte dasselbe Verhalten wie Nr. 39, der Wipfel war gleichfalls in der Ruheperiode 1827/28 abgebrochen. Der Baum wurde am 6. Juli 1896 gefällt. Nach dem Wipfelbruch sind demnach bis zum Jahre 1895 ebenfalls 68 Jahresringe gebildet, es kommt nur noch der unvollständige Ring von 1896 hinzu. Dem Hauptstamm wurden 4 Scheiben entnommen: Scheibe I 0,3 m, Scheibe II 2,35 m, Scheibe III 4,95 m und Scheibe IV 5,7 m über dem Boden. Scheibe IV befand sich 5 cm unter

der Ansatzstelle des Hauptastes (vergl. Fig. 3). Die nächste Scheibe V, 5 cm über der Ansatzstelle, gehört dem Hauptaste an, welcher den Wipfel trug. Derselbe stieg in der Richtung von Nordnordwest nach Südsüdost unter einem Winkel von 30⁰ gegen die Horizontale auf, was man am

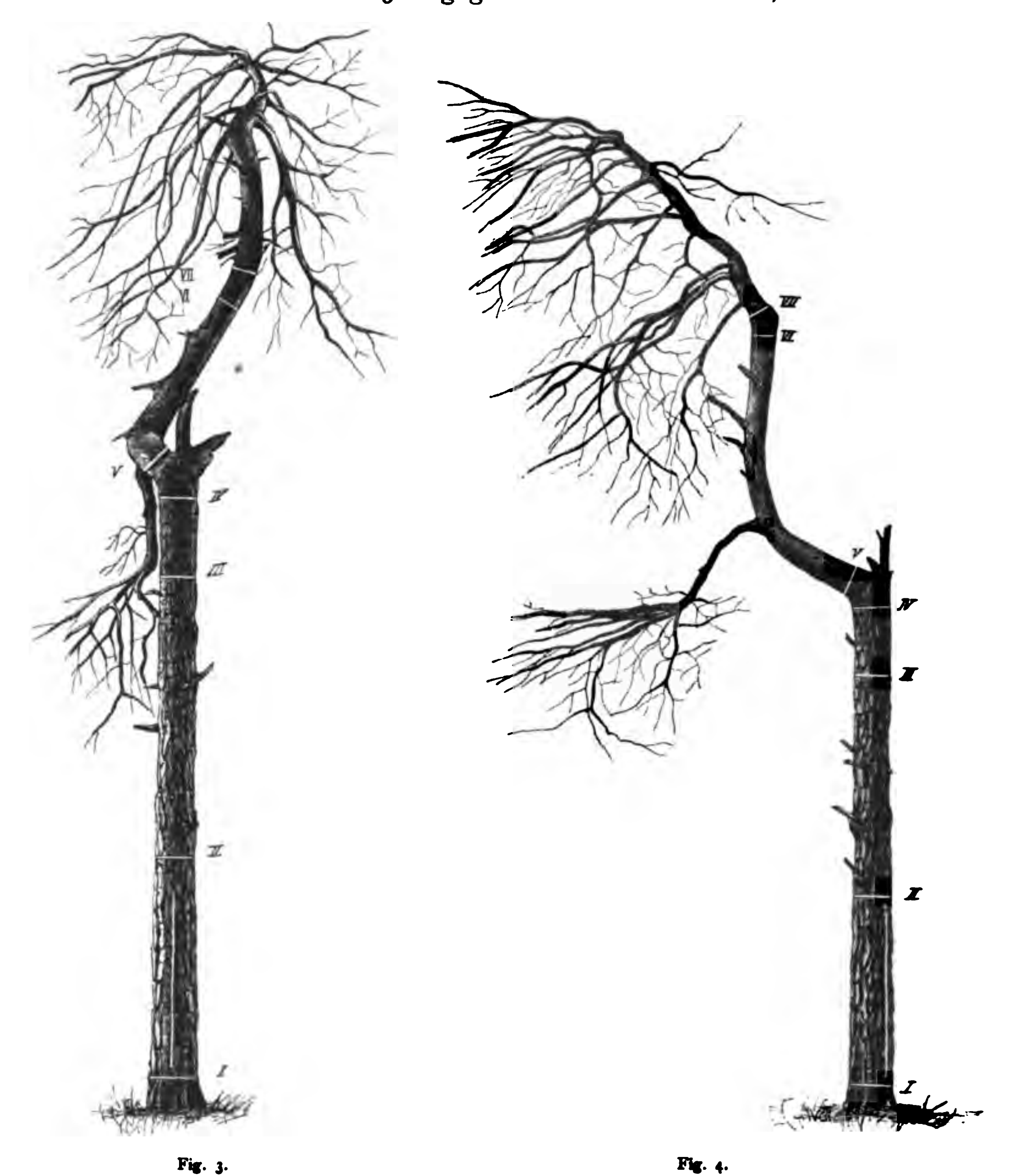


Fig. 3. Fig. 4.

besten an Fig. 4 erkennt, welche von der Ostnordostseite des Baumes aus aufgenommen ist. Der mittlere Teil des Hauptastes erhob sich in einer vertikalen Ebene in der Richtung von Ostnordost nach Westsüdwest (vergl. Fig. 4 und die von Norden aufgenommene Fig. 3). Die oberen Astteile,

mehrfach gebogen, waren nach Süden gewendet. Scheibe VI befindet sich 6,45 m, Scheibe VII 8,05 m über der Ansatzstelle des Hauptastes. Scheibe VI liegt unterhalb, Scheibe VII oberhalb einer Biegungsstelle. Die Figuren 3 und 4 sind nach Photographieen mit Hinweglassung der feineren Zweige und der Benadelung gezeichnet. Die Nordseite ist an dem Hauptstamm durch eine weiſse Linie markiert.

Wie aus Fig. 3, die den Stamm von Norden zeigt, zu ersehen ist, mündet der Hauptast nach einer kurzen Biegung an der Ostseite in den Hauptstamm. Demtentsprechend liegt die Druckseite bei Scheibe IV im Osten, wo auch das stärkste Wachstum stattgefunden hat. An der Nordwestseite befand sich früher ein zweiter dünnerer Ast, dessen Stummel man auf den Fig. 3 und 4 erkennt. Dieser zweite Ast hat ebenfalls eine lokale Erweiterung hervorgebracht, die jedoch nicht so bedeutend war. Die Jahresringe sind an dieser Stelle nicht so breit, weil der Ast, dem Bestand zugewendet, nicht so viel Licht erhielt und deshalb auch früher zu Grunde ging. An Scheibe III, welche 0,75 m unterhalb der Scheibe IV lag, ist die Förderung der Ostseite noch sehr deutlich vorhanden, die Differenzen zwischen Zug- und Druckseite sind jedoch viel geringer (vergl. Tab. 57). Die beiden unteren Scheiben I und II verhalten sich jedoch wesentlich anders. Ein Einfluſs des von dem Hauptast ausgeübten Druckes ist hier nicht mehr zu bemerken, dagegen ist die Südseite und Südwestseite etwas im Wachstum gefördert. Es erklärt sich dies aus der Neigung des Hauptstammes nach Südsüdwest und dem Druck, welchem die Stammbasis vermöge der Neigung des Stammes und dem Gewicht des an der Ostseite angesetzten Hauptastes an der Westseite ausgesetzt war. Wäre der Stamm nach Osten geneigt gewesen, so würde auch an der Stammbasis der Druck und demnach das Wachstum an der Ostseite am stärksten gewesen sein, da aber der Stamm sich nach der entgegengesetzten Seite neigte, machte sich der Druck hier stärker geltend.

An dem Hauptaste ist die Differenz zwischen der Zugseite (Oberseite) und der Druckseite (Unterseite) an der Basis des Astes (Scheibe V) am gröſsten.

In ähnlicher Weise wie bei dem Übergang vom Hauptstamm zum Hauptast ist in den oberen Teilen des Hauptastes, bei den Scheiben VI und VII das Dickenwachstum der Druckseite gefördert (Tab. 57).

Die Steigerung des Wachstums an der Druckseite ist im Vergleich zu der Zugseite an diesen beiden Scheiben geringer, da das Gewicht der Krone hier an einem kürzeren Hebelarm wirkt als an der Basis des Hauptastes. Die Länge der Radien an der Zug- und Druckseite ist aus der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Ich habe absichtlich zur Untersuchung der Zug- und Druckwirkung nicht dünne Seitenäste, sondern alte Stämme verwendet, weil auf diese Weise einige Fehlerquellen vermieden werden und die Differenzen bei so lange andauerndem kräftigen Wachstum deutlicher zu Tage treten. Auch bei dünnen Kiefernzweigen wächst die Unterseite in der Regel stärker als

Tab. 57. **Kiefer 40.**

Scheibe	Zuwachs	Jahre	Radius, mm		Verhältnis von Druckseite zur Zugseite
			Druckseite	Zugseite	
I	Vor dem Wipfelbruch	26	116	107	1 : 0,923
	Nach dem Wipfelbruch	69	103	41	1 : 0,398
II	Vor dem Wipfelbruch	22	99	101	1 : 1,02
	Nach dem Wipfelbruch	69	99	35	1 : 0,354
III	Vor dem Wipfelbruch	16	77	68	1 : 0,883
	Nach dem Wipfelbruch	69	179	15	1 : 0,084
IV	Vor dem Wipfelbruch	15	78	59	1 : 0,756
	Nach dem Wipfelbruch	69	287	2	1 : 0,007
V	Vor dem Wipfelbruch	14	35	25	1 : 0,714
	Nach dem Wipfelbruch	69	275	33	1 : 0,120
VI	Nach dem Wipfelbruch	52	96	51	1 : 0,531
VII	Nach dem Wipfelbruch	36	55	24	1 : 0,436

die Oberseite, das Wachstum kann jedoch ausnahmsweise, namentlich in einzelnen Jahren an anderen Seiten und selbst auf der Oberseite mehr gefördert sein als an der Unterseite. Ich glaube, dafs auch bei den dünneren Zweigen der Druck ein mafsgebender Faktor für die Verteilung des Wachstums ist, seine Wirkung kann aber durch andere Faktoren verdeckt werden.[1]) Zu letzteren rechne ich namentlich Torsionswirkungen, welche durch einseitige stärkere Ausbildung von Nebenzweigen zu stande kommen und deren Verfolgung immer sehr schwierig ist. Ferner wäre darauf zu verweisen, dafs sich jüngere schiefgestellte Sprofsaxen aufrichten können, indem durch das stärkere Wachstum der Unterseite geotropische Krümmungen herbeigeführt werden, wobei auch die Oberseite einem nicht unbeträchtlichen Druck ausgesetzt sein kann. Ein solcher Druck kann eine zeitweilige Förderung des Wachstums an Stellen hervorbringen, die sonst einem Zuge ausgesetzt waren. Bei älteren starken Zweigen genügen die Wachstumskräfte der Unterseite nicht mehr um eine irgendwie erhebliche Aufwärtsbiegung des Holzkörpers herbeizuführen, was wir daran erkennen, dafs sich schräg gestellte ältere Kiefern immer nur an dem oberen Teile ihres Stammes aufrichten. Durch stärkere Entwickelung oder durch Abbrechen von Seitenästen können ja auch bei solchen Stämmen, wie ich sie verwendet habe, kleinere Verschiebungen in der Belastung oder Torsionswirkungen vorkommen, im wesentlichen wird die Belastung jedoch eine gleichmäfsigere sein. Dementsprechend sind, wie die Figuren 3 und 4 auf Tafel I zeigen,

---

[1]) Näher soll auf die Zuwachsverhältnisse an geneigten Ästen jedoch nicht eingegangen werden, da hierzu anderweitige Untersuchungen namentlich experimenteller Art notwendig wären, wobei auch das Verhalten anderer Holzarten zu berücksichtigen wäre.

geringere Verschiebungen der Richtung des stärksten Wachstums zwar nicht ausgeschlossen, aber ein Überspringen der Wachstumsförderung von der Unterseite zur Oberseite kommt hier nicht vor. Wenn demnach die Belastung eine hinreichende ist und der Druck dauernd und an einer Seite stärker ist, so wird auch nur diese Seite im Dickenwachstum gefördert.

Indem ich den auf das Dickenwachstum als Reiz wirkenden Longitudinaldruck in den Vordergrund stelle, ist es notwendig auch auf andere bei der Entstehung der Exzentrizität möglicher Weise beteiligte Faktoren einzugehen.

Eine geotropische Reizwirkung scheint mir ausgeschlossen zu sein. Bei Sproſsachsen, die wie hier viele Jahre lang unter einem bestimmten Winkel zur Richtung der Schwerkraft verharrten, hätte die Neigung der Sproſsachsen einen Einfluſs auf die Stärke der Exzentrizität aufweisen müssen, was jedoch nicht der Fall ist. Wir finden bei gleicher Neigung der Sproſsachsen die Exzentrizität sehr verschieden stark ausgeprägt und ebenso kann bei sehr verschiedener Neigung der Sproſsachsen die gleiche Exzentrizität auftreten. Die Differenz der Scheiben IV und V von Kiefer 39 (Taf. I Fig. 4 und 5) schlieſst sich den Erfahrungen an, welche man auch sonst an horizontalen oder wenig von der Horizontale abweichenden Ästen machen kann. Trotz gleicher Neigung sind immer die basalen Astteile wesentlich stärker exentrisch als die oberen Astteile. So betrug bei einem 6,5 m langen annähernd horizontalen Ast der Kiefer 29 der Radius
0,2 m von der Ansatzstelle, an der Unterseite 50,5 mm, an der Oberseite 20,0 mm
3,0 „ „ „ „ „ „ „ 35,0 „ „ „ „ 27,0 mm.
Die Druckseite (Unterseite) verhält sich demnach zur Zugseite (Oberseite) an der Astbasis wie 1 : 0,59, an der oberen Scheibe wie 1 : 0,77.

Der Vergleich der Scheiben III und IV bei Kiefer 39, der Scheiben IV und V bei Kiefer 40 liefert den Beweis, daſs thatsächlich bei sehr verschiedener Neigung eine starke Exzentrizität auftreten kann, und es würde sich bei geeigneter Entfernung der Querschnitte von der Ansatzstelle auch genau die gleiche Exzentrizität konstatieren lassen.

Die bestehenden Differenzen im Wachstum lassen sich unschwer durch die Wirkung eines verschieden starken Longitudinaldruckes erklären. Es ist dabei nicht notwendig, daſs die Gröſse des Wachstums der Gröſse der auslösenden Druckkräfte proportional ist, trotzdem steht, wie wir gesehen haben, die Stärke der Exzentrizität mit der Stärke des Druckes in Beziehung, und wir finden an jenen Stellen die am meisten exzentrischen Ringe, wo die Druckdifferenzen zwischen Zug- und Druckseite am gröſsten sind. Durch Geotropismus sind aber die vorhandenen Unterschiede bei den einzelnen Baumscheiben nicht zu erklären.

In gleicher Weise wird man auch eine indirekte, auf Veränderung der Rindenspannungen gerichtete Einwirkung der Schwerkraft verwerfen müssen. Die Anschauung von Sachs und De Vries, daſs die Tangentialspannung der Rinde resp. der Radialdruck der Rinde auf den Holzkörper unter normalen Verhältnissen das Wachstum beeinfluſst, ist durch die Unter-

suchungen von Krabbe[1]) widerlegt, wir dürfen dementsprechend auch nicht eine mittelbare Wirkung der Schwerkraft durch Beeinflussung der Gewebespannung annehmen, zumal da Krabbe[2]) nachgewiesen hat, dafs an exzentrisch gewachsenen Stämmen und Ästen die Tangentialspannung der Rinde, so lange diese keine wesentlichen Veränderungen erfahren hat, an dem Orte maximalen Wachstums am gröfsten ist. Auch Kny[3]) hat durch Messungen der Tangentialspannungen an einem Ast von Pinus strobus gezeigt, dafs an der Unterseite eines hyponastischen Astes die Gewebespannung gröfser sein kann als an der Oberseite.

Zugleich sind durch die Untersuchungen von Krabbe auch die Anschauungen von Detlefsen[4]) widerlegt, welcher den Rindendruck ohne Beziehung zur Schwerkraft für die allein mafsgebende Ursache des exzentrischen Dickenwachstums hält. Ebenso hat Kny den von Detlefsen geltend gemachten Gründen widersprochen.

In ähnlicher Weise wie bei der Schwerkraft sind Differenzen in der Beleuchtung und im Feuchtigkeitsgehalt der Oberseite und Unterseite direkt oder unter Vermittelung der Rindenspannung als Ursachen des exzentrischen Wachstums horizontaler oder schiefgestellter Äste herangezogen worden, worüber in der Arbeit von Kny die betreffende Litteratur angeführt ist. Eine genauere Betrachtung unserer Kiefern in Bezug auf die Verschiedenheit der Exzentrizitätsgröfse zeigt jedoch die Unzulänglichkeit dieser Anschauungen.

Mit Vorliebe wird die verschiedene Nahrungsstoffzufuhr zur Erklärung der Wachstumsverteilung herangezogen, es ist daher notwendig auf die Frage einzugehen, ob die von uns besprochene Excentrizität durch verschiedene Ernährung herbeigeführt ist oder ob die verschiedene Ernährung nur als Folgeerscheinung anzusehen ist.

Wie später noch eingehend gezeigt werden soll, wird die Verteilung des Zuwachses auf die verschiedenen Stammhöhen nicht durch die Gröfse der Nahrungsstoffzufuhr bestimmt. Die Gröfse der Wachstumsenergie ist es, welche, angeregt durch die mechanische Beanspruchung des Stammes, in die Zuwanderung von Nahrungsstoffen regulierend eingreift. Nach meiner Meinung ist es geboten, dies allgemein giltige Verhältnis auch auf die exzentrisch gewachsenen Achsenorgane zu übertragen. Durch den erhöhten Druck wird die Wachstumsenergie gesteigert, und diese Steigerung wirkt fördernd auf die Zufuhr von Nahrungsstoffen.

---

[1]) G. Krabbe, Über das Wachstum des Verdickungsringes und der jungen Holzzellen in seiner Abhängigkeit von Druckwirkungen. Abh. d. Kgl. Preufs. Akademie d. Wissenschaften 1884.

[2]) G. Krabbe, Über die Beziehungen der Rindenspannung zur Bildung der Jahresringe und zur Ablenkung der Markstrahlen. Sitzungsber. d. Kgl. Preufs. Akademie der Wissenschaften 1882, S. 1137.

[3]) L. Kny, Über das Dickenwachstum des Holzkörpers 1882, S. 25.

[4]) E. Detlefsen, Versuch einer mechanischen Erklärung des exzentrischen Dickenwachstums verholzter Achsen und Wurzeln. Wissenschaftliche Beigabe zum Michaelisprogramm der grofsen Stadtschule zu Wismar 1881.

Abgesehen von diesem prinzipiellen Standpunkte läfst sich jedoch auch im speziellen nachweisen, dafs die Nahrungszufuhr nicht die Excentricität hervorruft.

Der Hauptast der Kiefer 39 (Fig. 2) besitzt unterhalb der Gabelungsstelle keine Seitenzweige, durch welche etwa der Unterseite Nahrungsstoffe zugeführt werden könnten. Das ganze zum Dickenwachstum notwendige plastische Material stammt aus der Krone. Würde dasselbe hauptsächlich in der Rinde der Astunterseite wandern, so müfste sich doch die Excentricität bei Scheibe IV und V gleichmäfsig geltend machen, was nicht der Fall ist (Taf. I Fig. 4 und 5). Beim Übertritt der Nahrungsstoffe in den Hauptstamm kann die Seite, an welcher der Ast ansetzt, mehr Nahrungsstoffe erhalten. War die einseitige Zufuhr von plastischem Material die Ursache des exzentrischen Wachstums, mufste sich bei der aufserordentlich grofsen Wachstumsdifferenz an Zug- und Druckseite dieser Unterschied auf eine längere Strecke erhalten, was ebenso wenig der Fall ist. Deutlicher ist dies noch bei dem Hauptstamm der Kiefer 40 zu erkennen, wo 0,80 m unter der Ansatzstelle zwar noch ein Einflufs des einmündenden Hauptastes zu erkennen ist, bei 3,40 m unter der Ansatzstelle jedoch nicht mehr, trotz der noch gröfseren Exzentricität von Scheibe IV (vergl. Tab. 57). Autoren, welche die Nahrungszufuhr als mafsgebend für die Verteilung des Zuwachses ansehen, werden nun allerdings behaupten, dafs die Nahrungsstoffe nicht senkrecht nach abwärts wandern müssen, sondern entsprechend dem Faserverlauf des Holzkörpers auch in der Rinde schräg nach abwärts wandern. Demnach könnte die Wachstumssteigerung, welche bei Kiefer 40 Scheibe IV an der Ostseite liegt, bei den übrigen Scheiben nach anderen Seiten liegen. Ein Vorteil kann es für die Pflanze nicht sein, wenn die Nahrungsstoffe spiralig um den Stamm herumwandern, aber abgesehen davon, müfste sich dann die Verschiebung der im Wachstum am meisten geförderten Seite doch schon an Scheibe III, die 0,75 m unter Scheibe IV liegt, geltend machen, was nicht zutrifft. Beide Scheiben zeigen das stärkste Wachstum genau in derselben Richtung, was ich mit Sicherheit konstatieren konnte, da ich die Nordseite schon am stehenden Stamm durch eine senkrechte Linie von weifser Ölfarbe markiert hatte.

Man könnte die eben angeführten Thatsachen allein noch nicht für vollständig beweiskräftig halten, sie bedürfen daher der Ergänzung.

Scheibe IV der Kiefer 39 zeigt auf der Oberseite nach dem Wipfelbruch ein sehr geringes Wachstum. Die Jahresringe sind hier im 27. bis 29. Jahre nach dem Wipfelbruch nur 0,5 resp. 0,3 und 0,4 mm breit. Wenn die Ernährungshypothese richtig wäre, mufste den Kambiumzellen an dieser Stelle nur eine sehr geringe Menge von Nahrungsstoffen zur Verfügung stehen. Dreifsig Jahre nach dem Wipfelbruch ist die Rinde an einer Stelle der Oberseite dieser Scheibe in der Längsrichtung gerissen, infolge dieser Verletzung stieg der Zuwachs an dieser Stelle sehr bedeutend, so dafs die gröfste Breite des 30.—32. Jahresringes 2,6 resp. 3,2 und 4,4 mm betrug. Nach Verschlufs der Wunde im 33. Jahre sinkt die Ringbreite wieder auf

0,7 mm. Auf Tafel I, Fig. 6 ist die betreffende Stelle in natürlicher Gröſse wiedergegeben, wobei ich bemerken möchte, daſs der Riſs im Holz unter der Überwallungsstelle erst nachträglich beim Trockenwerden des Holzes entstanden ist und mit der Verletzung selbst nicht im Zusammenhang stand.

Durch die Verletzung ist auf die Kambiumzellen lokal ein Reiz ausgeübt worden, wodurch ihre Wachstumsenergie gesteigert worden ist und dementsprechend fanden sich auch die zu einem relativ starken Wachstum notwendigen Nahrungsstoffe ein. Wäre der Mangel an Nahrungsstoffen die Ursache des geringen Wachstums an der Oberseite des Hauptastes gewesen, so hätte sich dies durch die Entstehung eines Längsrisses sicherlich nicht geändert, der Zuwachs hätte gleichmäſsig gering bleiben müssen.

Eine analoge Reizwirkung durch Verletzung fand ich an Scheibe IV der Kiefer 31. Das Dickenwachstum dieser 98jährigen Kiefer hatte schon stark abgenommen, das Jahr 1854 zeigte den letzten noch etwas gröſseren Flächenzuwachs (4,27 qcm).

Scheibe IV in der Höhe von 16,0 m wies in den Jahren 1859, 1860 und 1861, stellenweise auch 1862 und 1863, Verletzungen auf, die wahrscheinlich durch Spechte hervorgerufen waren (Taf. I Fig. 8). Diese Verletzungen fanden sich nur in sehr geringer Menge an der Süd-, Südost- und Ostseite vor, während sie an den übrigen Seiten ziemlich zahlreich waren, wie Fig. 8 auf Tafel I in natürlicher Gröſse zeigt. Durch diese Verletzungen wurde das Wachstum beträchtlich gesteigert, während die unverletzten Seiten keine wesentliche Steigerung des Zuwachses aufwiesen. An der Seite zwischen Norden und Westen, sowie zwischen Süden und Osten wurde an je zwei Stellen die Jahresringbreite bestimmt und daraus der Flächenzuwachs für die halbe Kreisfläche berechnet, welche Zahlen in Tabelle 58 niedergelegt sind.

Der mittlere jährliche Flächenzuwachs der halben Kreisfläche beträgt sowohl in der Richtung nach Norden—Westen als nach Süden—Osten für die Zeit von 1855—1859, also vor den Verletzungen, 1,15 qcm. Durch die einseitigen Verletzungen wird diese Gleichheit aufgehoben, indem nun die verletzte Seite 1860—1864 durchschnittlich pro Jahr einen Flächenzuwachs von 2,74 qcm, die unverletzte Seite (Süden—Osten) nur 0,82 qcm aufweist. Wie Figur 8 (Taf. I) und die einzelnen Zahlen in Tabelle 58 zeigen, war der Zuwachs 1862 am gröſsten (4,82 qcm für die halbe Scheibe) und nahm dann wiederum ab.

Ohne Änderung der Nahrungszufuhr ist hier eine einseitige Steigerung des Zuwachses oder wie wir sagen können, eine Exzentrizität hervorgerufen worden. Ich habe schon früher[1]) darauf hingewiesen, daſs ich bei der Bildung von Wülsten und bei dem Auftreten von Knospen an Wundrändern eine Differenz der Rindenspannung nicht als Ursache des vermehrten Wachstums ansehe und so halte ich auch hier den von der Wunde ausgehenden Reiz auf das teilungsfähige Gewebe, wodurch die Wachstums-

---

[1]) F. Schwarz, Forstliche Botanik. 1892. S. 132 und 133.

Kiefer 31, Flächenzuwachs für halbe Kreisflächen, qcm.
Tab. 58.

	1854	1855	1856	1857	1858	1859	1860	1861	1862	1863	1864	Summe 1855—1859
Nord—West	2.25	1,43	1,00	0,46	0,78	2,07	—	—	—	—	—	5,74
Süd—Ost	2,02	1,22	0,98	0,86	1,53	1,17	—	—	—	—	—	5,76
												1860—1864
Nord—West	—	—	—	—	—	—	1,97	3,52	4,82	1,73	1,68	13,72
Süd—Ost	—	—	—	—	—	—	0,62	0,48	1,06	1,04	0,89	4,09

		1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873	1874	Summe 1865—1874
Nord—West		1,08	1,06	1,02	0,81	0,41	0,99	1,57	1,66	0,74	0,84	10,18
Süd—Ost		0,53	0,69	0,61	0,46	0,44	0,57	0,54	1,14	0,99	1,18	7,15

		1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	Summe 1875—1884
Nord—West		1,07	1,27	0,85	1,11	0,96	1,07	0,38	0,49	0,85	1,11	9,16
Süd—Ost		0,95	1,22	0,74	1,23	1,61	1,19	0,82	1,04	0,85	1,41	11,06

		1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	Summe 1885—1894
Nord—West		1,19	0,68	0,71	0,63	0,37	0,76	0,55	0,77	0,64	0,35	6,65
Süd—Ost		1,68	2,07	1,32	1,33	0,80	1,28	1,49	1,37	0,85	0,38	12,57

energie gesteigert wird, für maſsgebend. Eine Steigerung bestimmter Funktionen ergiebt sich ja auch aus der Thatsache, daſs durch Verletzungen die Atmungsthätigkeit erhöht wird.

Da die Verletzungen bei unserer Scheibe auf die Jahre 1859—1863 beschränkt waren, wird die hierdurch entstandene Exzentrizität allmählich wieder durch stärkeres Wachstum der unverletzten Seite ausgeglichen. In dem Zeitraum 1865—1874 (Tab. 58) ist anfangs das Wachstum an der verletzten Seite noch gröſser, daher die gröſsere Wachstumssumme an der Seite Norden-Westen. Später 1875—1884 und mehr noch 1885—1894 kehrt sich das Verhältnis um, die nach Süden und Osten gerichtete Seite wächst stärker, ohne daſs eine Änderung der Nahrungsstoffzufuhr stattgefunden hätte. Wenn der Ausgleich hier so langsam eintritt, so ist dies durch das an sich sehr geringe Wachstum der Kiefer 31 zu erklären. Ein solcher Ausgleich wird uns verständlich, wenn wir uns vergegenwärtigen,

dafs bei einer nach den verschiedenen Seiten gleichen mechanischen Beanspruchung dort der Druck am gröfsten sein wird, wo der Radius am kleinsten ist. Durch verschiedene Nahrungsstoffzufuhr sind diese Verhältnisse jedoch nicht zu erklären.

Auch an der Verletzungsstelle der Scheibe IV der Kiefer 39 (Taf. I Fig. 6) bleibt das Wachstum zunächst stärker zurück, bis wieder ein gleichmäfsiger Verlauf der Jahresringe erreicht wird.

Dieselben Gründe, welche wir gegen den Einflufs der Zuleitung von Nahrungsstoffen auf die Verteilung des Dickenwachstums angeführt haben, gelten nicht nur für das in der Rinde nach abwärts wandernde plastische Material, sondern auch für die Zufuhr von Aschenbestandteilen. Erst im oberen Teile des Stammes oder an Ästen auftretende Exzentrizitäten können unmöglich durch ungleiche Zufuhr von Aschenbestandteilen infolge ungleicher Wurzelausbildung erklärt werden.

Wenn unterhalb eines Astansatzes ein Stamm stärker wächst, so könnte man dies wohl durch eine vermehrte Nahrungsstoffzufuhr erklären, ich möchte jedoch auch in diesem Falle den Druck als Ursache dieser Erscheinung ansehen, indem diese Erklärung besser mit den übrigen Thatsachen in Einklang steht. Ein Ast drückt auf die Teile des Stammes an seiner Ansatzstelle und ebenso wie sonst durch den Longitudinaldruck die Wachstumsenergie gesteigert wird, mufs dies auch hier der Fall sein. Die Ernährung müfste sich doch auch im Zuwachs der entgegengesetzten Seite geltend machen, was besonders bei schlechter Ernährung des ganzen Baumes deutlich hervortreten würde. Dies ist aber nicht der Fall, das Wachstum wird vielmehr nur in senkrechter Richtung unterhalb der Ansatzstelle gesteigert.

Die 17 m hohe ca. 98 Jahre alte Kiefer 41 zeigte entsprechend ihrer hoch angesetzten, geringen Krone nur ein schwaches Dickenwachstum. An der Westseite war in der Höhe von 8,15 m ein starker Ast angesetzt, wodurch der an sich schwache Stamm lokal eine wesentliche seitliche Belastung erfuhr.

Tab. 59. **Kiefer 41.**

Scheibe	Höhe	Radius der Scheibe, mm		Mittlere jährl. Ringbreite, mm						Radiuszunahme mm	
		Westen, Druckseite	Osten	1866—75		1876—85		1886—95		1866—95	
	m			Westen	Osten	Westen	Osten	Westen	Osten	Westen	Osten
III	8,15	132	70,5	$1,76_9$	$0,18_7$	$1,64_8$	$0,13_4$	$0,92_7$	$0,13_6$	43,44	4,57
II	7,94	102	70	$1,23_8$	$0,18_6$	$1,08_5$	$0,15_7$	$0,47_2$	$0,13_9$	27,95	4,82
I	7,50	87,5	73	$0,71_7$	$0,20_5$	$0,65_0$	$0,25_6$	$0,39_8$	$0,15_2$	17,65	6,13

In Tab. 59 sind die Radien der durch den Ast gedrückten Westseite des Stammes und der Ostseite angegeben. Wie wir aus dieser Tabelle ersehen, ist der Zuwachs unmittelbar unter der Ansatzstelle des Astes sehr bedeutend gefördert, diese Begünstigung macht sich auch noch 21 cm und

65 cm unterhalb der Ansatzstelle geltend, jedoch in wesentlich geringerem Grade. Würde der Zuflufs von Nahrungsstoffen aus dem Aste diese Förderung bewirkt haben, so ist einerseits die rasche Abnahme schon 21 cm unter der Ansatzstelle auffallend, andererseits ist die geringe Förderung des Zuwachses an der Ostseite mit einem Einflufs der Nahrungsstoffzufuhr nicht gut zu vereinen, da bei einem relativ so dünnen Stamm doch eine Wanderung nach der Ostseite das Natürlichere wäre. Der Druckreiz dagegen mufs unmittelbar unterhalb der Ansatzstelle das gröfste Wachstum auslösen, weil der Druck hier am stärksten ist, er wird auch noch auf einige Entfernung hin wirksam sein, jedoch nur an der Westseite und um so schwächer, je gröfser die Entfernung der Astansatzstelle ist.

Immerhin ist es nicht ausgeschlossen, dafs von dem Aste ein anderweitiger Reiz ausgeht, welcher die Entwickelung und das Wachstum der Leitungsbahnen im Stamme beeinflufst, aber auch in diesem Falle würde es sich, wie Jost[1]) gezeigt hat, nicht um den Einflufs der Ernährung handeln, sondern um Fernwirkungen, welche von dem Aste ausgehen.

In jedem Falle handelt es sich um eine zweckmäfsige Einrichtung, indem der unter der Astansatzstelle ausgebauchte Holzkörper des Stammes besser befähigt ist, die Last des einmündenden Astes zu tragen.

Bei dem Übergang vom Ast zum Stamm könnten möglicherweise durch die besondere Ausbildung der Leitungsbahnen für die Assimilate Verhältnisse geschaffen werden, welche die Ernährung der Unterseite fördern. Dieser Faktor fällt jedoch weg, wenn wir einen bisher annähernd kreisrund gewachsenen Stamm biegen und in dieser gebogenen Lage fixieren. Einen derartigen Versuch hat A. Cieslar[2]) an jüngeren Fichten angestellt. Im Vorsommer des Jahres 1894 wurden 4 Fichten in der Weise gebogen, dafs die eben im stärksten Längenwuchse begriffenen Gipfeltriebe von der Vertikalen abgelenkt und im weiten Bogen in die horizontale Lage gebracht wurden. Die Jahresringe, welche bisher normalerweise ziemlich kreisrund waren, gingen in eine exzentrische, elliptische bis eiförmige Form über; in dem gezwungenerweise horizontal wachsenden Stammteile war dies durchaus der Fall, die Triebe wurden hypotrophisch; in dem in der Biegungskurve liegenden Stammteile war die Exzentrizität ungefähr ebenso bedeutend wie im horizontalen, im vertikal verbliebenen Teile endlich nahm dieselbe von oben nach unten ab. Durch Versuche an ca. 10-jähriger Kiefern überzeugte ich mich, dafs bei der Kiefer ebenfalls die Unterseite, welche einem longitudinalen Druck ausgesetzt ist, im Wachstum gefördert wird und die Sprofsachse hierdurch exzentrisch wird. Da nun diese Exzentrizität schon im ersten Jahre der Biegung auftrat, kann die Beschaffenheit der Leitungsbahnen nicht die Ursache einer verschiedenen Verteilung der Assimilate resp. des Wachstums sein, denn die bisher gebildeten Leitungsbahnen hätten ohne die Biegung das Kambium wie bis-

[1]) L. Jost, Über Dickenwachstum und Jahresringbildung. Bot. Zeitung. 1891. S. 485 ff.

[2]) A. Cieslar, Das Rotholz der Fichte. Centralblatt für das ges. Forstwesen. 1896. S. 149 ff.

her gleichmäſsig mit Nahrungsstoffen versorgt. Ich muſs daher auch in diesem Falle annehmen, daſs der Druck die Wachstumsenergie einseitig gesteigert hat; erst in weiterer Folge sind dem Bedürfnis entsprechend an der Unterseite mehr Stoffe verwendet worden und natürlich auch zugewandert.

Zu denselben Resultaten wie bisher kommen wir bei der Betrachtung des exzentrischen Dickenwachstums an vertikal aufgerichteten oder schiefgestellten Stämmen. Wir haben hierbei erstens die einseitige Einwirkung des Windes, zweitens den Einfluſs der Schiefstellung des Stammes zu berücksichtigen.

Wie schon durch verschiedene Beobachter festgestellt worden ist, zeigt bei einseitig verstärktem Angriff des Windes, die dem gröſseren Druck ausgesetzte Stammseite das stärkere Dickenwachstum. Pendelt der Baum hauptsächlich zwischen zwei Richtungen, so wird das Wachstum in beiden Richtungen gefördert.

Die hierher gehörigen Thatsachen sind zuerst (1801) von Th. A. Knight[1]) beobachtet worden. Derselbe hat vor Beginn des Wachstums ein Apfelbäumchen derart befestigt, daſs es vom Winde nur in der Nord-Südrichtung hin und herbewegt werden konnte. Im darauf folgenden Herbst war die Nord- und Südseite im Wachstum stärker gefördert als die Ost- und Westseite, was Knight auf die Begünstigung der Saftbewegung im Holz durch die vom Winde veranlaſsten Schwankungen des Stammes zurückführt. J. Sachs[2]) glaubt dagegen, daſs durch die Hin- und Herbiegungen unter dem Wind die Rinde jedesmal auf der convexen Seite gedehnt und durch diese Verminderung der Rindenspannung das Wachstum lokal gefördert werde. Da nach den Untersuchungen von Krabbe die normalen Differenzen der Rindenspannungen für das Dickenwachstum ohne Bedeutung sind, brauchen wir auf diese Erklärung nicht näher einzugehen.

Ch. Musset[3]) führte die Ausbauchungen der Stämme in der Richtung von Ost nach West, welche er an sehr vielen Stämmen beobachtete nicht auf den Einfluſs der vorherrschenden Westwinde, sondern auf die durch die Umdrehung der Erde hervorgerufene Centrifugalkraft zurück, eine Anschauung, welche weder alle Einzelfälle erklärt noch bei dem heutigen Stande der Wissenschaft zu rechtfertigen sein dürfte.

Nördlinger[4]) sucht die Ursache der Exzentrizität in verschiedenen Faktoren, so in dem Wind, dem Aufreiſsen der Rinde der schiefen Stellung, dem Einfluſs der Astbildung und besonders auch in der Einwirkung des Wurzelsystems.

---

[1]) Th. A. Knight, Sechs pflanzenphysiologische Abhandlungen. Übersetzt und herausgegeben von H. Ambronn; Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 62, S. 30.

[2]) J. Sachs, Lehrbuch der Botanik IV. Aufl., S. 785.

[3]) Ch. Musset, Comptes-rendus vol. 62 1867, S. 424 und 495.

[4]) Nördlinger, Deutsche Forstbotanik 1874, Bd. I, S. 187 und Centralblatt für das ges. Forstwesen 1882, S. 204.

J. Grundner[1]) bezeichnet die herrschende Windrichtung als jenen Faktor, welcher in erster Linie die Querschnittsform eines Stammes beeinflufst. Seine Arbeit genügt jedoch für unsere Zwecke nicht, indem er nur die Durchmesser vergleicht, den Unterschied von Druck- und Zugseite jedoch nicht berücksichtigt.

Am entschiedensten hat sich Metzker[2]) für die Entstehung der Exzentrizität durch den Einflufs des Windes ausgesprochen.

R. Hartig,[3]) der früher nur den Einflufs der Ernährung für die Verteilung des Wachstums als mafsgebend ansah, ist neuerdings an Fichten zu der Anschauung gelangt, dafs durch den Druck des Windes auf das Plasma der Cambiumschicht ein Reiz ausgeübt wird, welche in zweckentsprechender Weise durch gesteigertes Wachstum (und durch Dickwandigkeit der Organe) auf diesen Reiz reagiert. Bei allen Bäumen, welche dem Westwinde exponiert sind, tritt Exzentrizität der Jahresringe ein und zwar erzeugt der Baum auf der Ostseite breitere Jahresringe selbst dann, wenn sich auf dieser Seite fast keine Äste befinden. Hartig ist jedoch nicht konsequent in seinen Anschauungen, denn die Steigerung des Zuwachses an der Stammbasis, die nach Freistellung des Baumes eintritt, führt er nicht auf die Wirkung des gesteigerten Druckes, sondern auf den Einflufs beschleunigter Nährstoffaufschliefsung im Boden zurück (l. c. S. 35) oder es schwankt zwischen Ernährungswirkung und Druckwirkung (l. c. S. 36, 45).

Hartig[4]) bezeichnet es als zweifellos, dafs dann, wenn der Baum keinen gröfseren mechanischen Widerstand nach einer Seite hin zu überwinden hat, die stärker beastete Seite auch im Zuwachs begünstigt wird. Hartig hält demnach immer noch an einer Wirkung der Nahrungsstoffzufuhr fest, die nur durch stärkere mechanische Beanspruchung verdeckt werden kann. In demselben Sinne äufsert sich Hartig[5]) in einer späteren Arbeit.

Da bei der Fichte ebenso wie bei der Kiefer die Druckseite im Wachstum gefördert wird, sind die an Fichten gesammelten Erfahrungen auch für die Kiefer verwendbar.

Bei den Beobachtungen über die Beziehungen des exzentrischen Dickenwachstums zu der herrschenden Windrichtung hat man zumeist weder die Exposition der Bäume gegen den Wind noch die Abweichung derselben von der Vertikalen berücksichtigt.

Die herrschende Windrichtung ist in Eberswalde die Westrichtung, welche sich auch durch eine durchschnittlich gröfsere Stärke des Windes

---

[1]) F. Grundner, Untersuchungen über die Querflächenermittelung der Holzbestände 1882.

[2]) Metzger, Mündener Forstliche Hefte Bd. VI 1894, S. 97.

[3]) R. Hartig, Wachstumsuntersuchungen an Fichten. Forstlich-naturwissensch. Zeitschrift V. Jahrgang, 1896 S. 42, 45.

[4]) l. c. S. 41.

[5]) R. Hartig, Das Rotholz der Fichte. Forstl.-naturwissenschaftl. Zeitschrift V. Jahrgang, 1896, S. 103.

und die Häufigkeit der Stürme auszeichnet.[1]) Daneben zeigen auch die Südwest-, Westsüdwest- und Westnordwestwinde eine gröfsere Häufigkeit. Es wäre nun ein grofser Irrtum, wenn man erwarten würde durchweg an der Ostseite die breiteren Jahresringe zu finden. Wir sehen hierbei ganz von anderen Holzarten ab, die sich voraussichtlich entsprechend dem stärkeren Wachstum auf der Oberseite ihrer Äste auch gegen den Winddruck abweichend verhalten dürften. Auch an der Kiefer liegt die im Wachstum begünstigte Seite nicht bei allen Stämmen genau in derselben Richtung, wenn auch die Nordost-, Ostnordost-, Ost- und Ostsüdostseite am meisten begünstigt ist.

Im Innern der Bestände wird der Wind durch die Umgebung der Stämme, durch Bestandeslücken oder dichter stehende Baumgruppen vielfach abgelenkt. Aber auch durch die Unregelmäfsigkeit der Kronenform, durch die verschiedene Länge der Äste kann eine gewisse Ablenkung herbeigeführt werden. An den Bestandsrändern gewährt der Bestand selbst einen Schutz gegen bestimmte Windrichtungen oder schwächt dieselben ab, wobei natürlich die Dichte des Bestandes ein wesentlicher Faktor ist. In gleicher Weise können Bodenerhebungen die Winde bestimmter Richtungen abhalten. Es kommt eben nur darauf an, welche Winde den relativ stärksten Druck ausüben, und jene Seite, auf welcher der stärkste Druck lastet, wird im Wachstum am meisten gefördert.

Einen sehr beträchtlichen Einfluls hat auch die Schiefstellung eines Stammes. Sobald die Neigung eines Stammes mit der Hauptwindrichtung nicht übereinstimmt, kann die Einwirkung der letzteren vollständig verdeckt werden. In diesem Falle wird durch das Gewicht des Stammes an der geneigten Seite ein stärkerer Druck ausgeübt, der bei allen Bewegungen des Stammes durch den Wind vermehrt wird. An Bestandesrändern ist sehr häufig die dem Bestande abgewendete Seite der Krone stärker entwickelt und der Stamm zugleich nach aufsen geneigt; die dem Bestande abgewendete Seite kann dann im Wachstum gefördert sein, was eventuell den Eindruck erweckt, als ob die einseitige Beastung die Ursache der Excentricität wäre. Bei Vorherrschen einer bestimmten Windrichtung müssen auch die Schwingungen eines solchen geneigten Stammes verschieden ausfallen, je nach der Exposition des betreffenden Bestandsrandes.

Dieselben Verhältnisse müssen sich auch an steilen Hängen geltend machen, wobei sich zwischen schiefgestellten und gerade stehenden Stämmen wesentliche Unterschiede ergeben dürften. Grundner[2]) erwähnt, dafs bei allen Nord- und Südhängen die Horizontaldurchmesser und bei den Ost- und Westhängen die Gefälldurchmesser gröfser sind. Dies läfst darauf schliefsen, dafs es sich hier um gerade Stämme handelte, bei welchen die

---

[1]) J. Schubert, Das Klima von Eberswalde nach 15jährigen Beobachtungen von 1876—90. Meteorolog. Zeitschrift 1892, S. 235.

[2]) F. Grundner, Untersuchungen über die Querflächenermittelung der Holzbestände. 1882. S. 18.

Windrichtung allein maßgebend war, das Verhalten geneigter Stämme ist hierdurch nicht erledigt.

Nach R. Hartig[1]) ist an steilen Hängen der Zuwachs der Bergseite fast immer größer als an der Hangseite, weil an der Oberseite des Wurzelstockes die Wurzeln viel kräftiger sich zu entwickeln pflegen als an der Unterseite. R. Rittmeyer,[2]) dessen Untersuchung sonst methodisch unzulänglich ist, konstatiert die Unrichtigkeit der Ansicht Hartigs bezüglich der Ausbildung des Wurzelsystems. Nach seinen Angaben ist im allgemeinen die Wurzelentwickelung nach der Bergseite hin immer am schwächsten. Dementsprechend ist auch die Erklärung der Exzentrizität an Berghängen durch die verschiedene Wurzelausbildung fallen zu lassen. Ich möchte daher, trotzdem ich keine Gelegenheit hatte, das Verhalten der Kiefer an Berghängen zu untersuchen, nach den in der Litteratur vorhandenen Angaben annehmen, daß die gleichen Faktoren, welche in der Ebene das exzentrische Dickenwachstum der Bäume hervorrufen, auch an Berghängen thätig sind.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen ist es notwendig, auch noch auf die Einzelfälle etwas näher einzugehen.

Wir beginnen mit Kiefer 14 (Tab. 60), einem senkrecht stehenden Stamm, welcher einem mäßig dichten Bestande angehörte und mit einer guten, nach allen Seiten ziemlich gleich entwickelten Krone versehen war. Die Höhe betrug 23,25 m, die Äste begannen bei 15,0 m über dem Boden.

Tab. 60. **Kiefer 14.**

Scheibe	Höhe	Radius, mm							
	m	Nord	Nordost	Ost	Südost	Süd	Südwest	West	Nordwest
I	0,3	182	**185**	165,5	139	142	139	137	151,5
II	1,3	164	**170**	149,5	125	126,5	126,5	115,5	126,5
III	3,4	153	**178,5**	151	126	111	110,5	109,5	111
IV	5,5	154	**167**	132	111,5	105	105	103,5	120
V	7,8	133	**141**	130	112	119	105,5	108,5	113
VI	9,9	129,5	**134**	114	110,5	101,5	103	109	116,5
VII	11,9	113	**120**	116	96	91	93	97	98,5
VIII	14,3	110	**117**	114,5	91	84	80	83	89
IX	16,2	70	71	78,5	**91,5**	82	77,5	78	**90**
X	18,0	65,5	65,5	**67,5**	61,5	57,5	57	62	60
XI	19,7	43	**44**	**44**	39,5	39	35,5	37	35,5
XII	21,1	**27,5**	25,5	24,5	22,5	21	20,5	21	21,5

Bis zum Kronenansatz (Scheibe I—VIII) ist durchweg die Nordostseite am stärksten gewachsen. Kiefer 14 stand auf einem von Nordwest nach Südost gerichteten höheren bewaldeten Dünenrücken, die Winde trafen den

[1]) R. Hartig, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1891. S. 271.

[2]) R. Rittmeyer, Über die Stammform der Nadelhölzer an Hängen und ihre Ursache. Österreich. Vierteljahrsschrift für Forstwesen. Neue Folge. XVI. Bd. 1898. S. 168.

Stamm, da nach Südwesten der Bestand niedriger und durch eine unbestandene Sumpffläche unterbrochen war, hauptsächlich aus der Südwestrichtung. Die Folge davon war die stärkste Verdickung des Stammes an der Nordostseite, welcher die Nord- und Ostseite folgt. Innerhalb der Krone ändert sich die Richtung des stärksten Radius, was entweder durch den Ansatz der einzelnen Äste oder durch Torsionswirkungen herbeigeführt worden sein kann. Würde die Zufuhr von Nahrungsstoffen die Ursache der Exzentrizität gewesen sein, so hätte sich die letztere am schärfsten in der Krone selbst oder unterhalb derselben ausprägen und nach unten mehr verschwinden müssen. Die Exzentrizität ist jedoch im unbeasteten Stamme von den Ausbauchungen des Stammes in der Krone unabhängig.

Als weiteres Beispiel eines gleich beasteten Stammes diene Kiefer 18 (Tab. 61), welche nur wenig nach Nordosten geneigt, beinahe vertikal stand. Höhe des Stammes 23,25 m, Beginn der sehr dichten Krone in 16,9 m Höhe.

Tab. 61. **Kiefer 18.**

Scheibe	Höhe	Radius, mm			
	m	Nord	Ost	Süd	West
I	0,35	**182**	**182**	155	134
II	1,3	**208**	149	130,5	135
III	3,4	**185**	155	126	132
IV	5,5	**176**	136	123	135
V	7,6	**165**	143	118,5	121,5
VI	9,7	**157,5**	128,5	112	123
VII	11,9	**149**	116	100	117,5
VIII	14,0	**126**	99,5	97	109,5
IX	18,7	**85,5**	75,5	68,5	72
X	19,95	**64**	56	53	57,5

Kiefer 18 gehörte einem seit 25—30 Jahren freigestellten Randstreifen alten Holzes an, der in der Richtung von Ost nach West verlaufend, nach Süden frei stand. Dementsprechend finden wir hier durchwegs die Nordseite sehr wesentlich im Wachstum voraus und nur an der Stammbasis ist die Nordostseite etwas stärker, was mit der geringen Neigung des Stammes nach Nordosten zusammenhängt. Auf die Wiedergabe der zwischenliegenden Richtungen habe ich hier verzichtet, nachdem ich an den Scheiben konstatiert hatte, daſs mit Ausnahme von Scheibe I der gröſste Radius nach Norden, der kleinste nach Süden liegt.

Kiefer 18 ist noch insofern bemerkenswert, als hier die Nordseite gefördert ist und nicht die von der Sonne am stärksten erwärmte Süd- oder Südwestseite. Man ersieht daraus, daſs auch die frühere Erwärmung einer Seite nicht das exzentrische Wachstum hervorruft; ich werde im 8. Kapitel auf diesen Punkt noch genauer eingehen.

Bei schiefgestellten Stämmen ist, wie wir bereits bemerkt haben, die Druckseite im Wachstum begünstigt. Es wird dies am deutlichsten her-

vortreten, wenn diese Kiefern in der Richtung des vorherrschenden Windes geneigt sind. Da in Eberswalde die meisten Stürme von Westen kommen, sind die geschobenen, d. h. durch den Wind schief gestellten Kiefern sehr häufig nach Osten geneigt. Einen solchen Fall, wo der einseitige Druck durch die Schiefstellung gleichsinnig wie der Einfluſs des Windes ein stärkeres Wachstum an der Ostseite hervorruft, bietet uns Kiefer 28. Dieselbe in einem stark gelichteten Bestande auf ziemlich feuchtem lehmigen Sandboden wachsend, hatte eine Höhe von 25,5 m, der erste Ast der mäſsig starken Krone befand sich 17,9 m über der Basis. Die Abweichung des Stammes von der Vertikalen betrug an der Basis 14°, an der Spitze 22°. Die Druckseite war nach Osten, die Zugseite nach Westen gerichtet.

Tab. 62. **Kiefer 28.**

Scheibe	Höhe m	Radius, mm				Verhältnis der Ost- zur Westseite
		Nord	Ost	Süd	West	
I	0,30	155	**204**	127	137	1 : 0,67
II	1,65	117	**170**	122	112	1 : 0,66
III	5,85	109	**151**	125	92	1 : 0,61
IV	10,05	99	**142**	105	76	1 : 0,54
V	14,35	81,5	**100**	98	83	1 : 0,83
VI	18,45	72	**88**	74,5	63,5	1 : 0,72
VII	20,65	50	**63**	48,5	42	1 : 0,68

Wie wir aus Tabelle 62 ersehen, zeigt am ganzen Stamm die Ostseite das gröſste Wachstum, während die Westseite zwar nicht immer (Scheibe I und V) aber doch zumeist den geringsten Zuwachs aufweist. Auch an Scheibe I und V ist der Zuwachs an der Westseite nur unwesentlich gröſser als an der Süd- resp. der Nordseite mit dem geringsten Zuwachs.

Trotzdem die Neigung des Stammes in gleicher Weise, wie der Westwind eine Förderung der Ostseite bewirkte, finden wir im Laufe der Jahre doch mehrfache Schwankungen in der am meisten begünstigten Seite und zwar erkennen wir dies am deutlichsten an den basalen Scheiben. Um dies zu veranschaulichen, habe ich Scheibe II photographiert (Taf. I Fig. 7), aus welcher ersichtlich ist, daſs, abgesehen von kleineren Schwankungen bei den inneren Jahresringen, zunächst die Ostseite am stärksten wächst, sodann die Nordostseite stark begünstigt ist, bei gleichzeitiger Ausbauchung an der Südsüdostseite und später die Südost und Südwestseite mehr hervortreten, schlieſslich finden wir in den äuſseren Ringen wieder die Bevorzugung der Ostseite. Ein solcher Wechsel ist leicht zu erklären, wenn wir annehmen, daſs die Richtung des stärksten Druckes im Lauf der Jahre gewechselt hat. Ob die Wegnahme benachbarter Stämme eine solche Verschiebung in der Wirkungsrichtung des Windes allein bewirkt hat, erscheint zweifelhaft, deshalb möchte ich annehmen, daſs die Form der Krone auf die Druckrichtung

nicht ohne Einfluſs geblieben sei. Ein stärkerer Ast kann gewissermaſsen als Segel wirken und bei gleicher Angriffsrichtung des Windes stärkere Bewegungen nach einer von der Windrichtung abweichenden Seite veranlassen. Bricht ein solcher Ast ab, so ändert sich auch die Druckrichtung und hiermit das Wachstum des Stammes. Auſserdem wäre noch die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, daſs durch den Druck in einer bestimmten Richtung eine über das notwendige Maſs hinausgehende Überregulation eintrat und in den Folgejahren ein Ausgleich an den relativ weniger belasteten Seiten stattfand. Jedenfalls dürfte es schwer sein, eine solche Verschiebung der Richtung des stärksten Wachstums nicht auf die Druckwirkung zurückzuführen, sondern durch den Einfluſs von Ernährung, Schwerkraft, Rindenspannung etc. zu erklären. Durch solche Verschiebungen der Richtung des stärksten Wachstums erklärt sich auch die Thatsache, daſs das Verhältnis zwischen Druck- und Zugseite in der verschiedenen Stammhöhe kein regelmäſsiges ist (vergl. Tab. 62). Würde der Druck die ganze Zeit nur in einer Richtung wirksam sein, so müſsten die Differenzen zwischen Druck und Zugseite an der Stammbasis am gröſsten sein, weil hier der Hebelarm der biegenden Kraft am gröſsten ist.

Während bei Kiefer 28 die Krone gleichmäſsig ausgebildet war, haben wir in den Kiefern 39 und 40 (vergl. S. 161 und 163) Bäume kennen gelernt, deren unterem Stammteil die Nahrungsstoffe von einem seitlichen Ast aus zugeleitet wurden. Kiefer 39 (Taf. I Fig. 1) zeigte an der Stammbasis eine Bevorzugung des Wachstums in jenen Richtungen, in welchen die Hauptschwingungen des Stammes erfolgten. Kiefer 40, die mehr durch den übrigen Bestand geschützt war, wies an den Scheiben I und II das stärkste Wachstum an der Südseite auf, weil der Stamm nach Süden geneigt war und durch den übrigen Bestand die Wirkung der Ost- und Westwinde abgehalten wurde. Die seitliche Zufuhr von Nahrungsstoffen hat die Richtung der Exzentrizität an den basalen Scheiben nicht beeinfluſst (vergl. S. 165).

Eine andere Form der Wachstumsverteilung finden wir an eingeklemmten Stämmen, deren Krone durch benachbarte Stämme beengt sich hauptsächlich nur in einer Ebene bewegt. Zumeist sind auch die Zweige in dieser Ebene stärker entwickelt. Als Beispiel diene Kiefer 17. Dieselbe war 19,9 m hoch, die Krone ist eingeklemmt, aber nicht unterdrückt; sie beginnt bei 13,85 m Höhe, die Äste liegen nach Norden 1,0 m, nach Süden 1,1 m, nach Osten und Westen jedoch nur 0,6 m weit aus, da hier die Nachbarstämme einer stärkeren Entwickelung entgegen wirkten.

Der gröſste Radius liegt hier zumeist in der Südrichtung oder nahezu in der Südrichtung, die schwächste Seite ist jedoch nicht die Nordseite, sondern die Ost- oder Westseite, zum Teil ist die Nordrichtung sogar mehr begünstigt als die Südrichtung. Es handelt sich hier um dieselben Verhältnisse, wie bei dem Knight'schen Versuch (S. 174), der Stamm zeigt in der Ebene, in welcher er schwingt, das stärkere Wachstum. Zur Entscheidung, ob die bessere Ausbildung der Äste an der Nord- und Südseite auf

Tab. 63. **Kiefer 17.**

Scheibe	Höhe	Radius, mm				Stärkste Seit	Schwächste Seite
	m	Nord	Ost	Süd	West		
I	0,3	**92,5**	78,5	88	**93**	NW	O
II	1,3	**89**	78	78,5	77	N	W
III	3,4	72	72,5	**85**	67,5	S	W
IV	5,5	67	69,5	**72**	65	S	W
V	7,6	63	61	**69,5**	60	S	W
VI	9,7	**60**	54	**59,5**	58	SSW	O
VII	11,8	**53,5**	48	49	49,5	N	O
VIII	13,7	45	**49**	42,5	39	O	W
IX	17,0	21	23,5	**25**	22	S	N

das Wachstum von Einfluſs war, ist dieser Stamm nicht geeignet, bei der so hoch angesetzten Krone ist jedoch ein Einfluſs der Nahrungsstoffzufuhr wenigstens für die unteren Scheiben ziemlich unwahrscheinlich.

Von einseitig beasteten Kiefern habe ich Kiefer 35 (Tab. 64) untersucht. Dieselbe zeigte an der Basis eine Biegung, der übrige Teil des Stammes stand senkrecht. Die Krone des 16,5 m hohen Stammes ist ganz einseitig nach Osten und Südosten ausgebildet, während an der Nordseite und Nordwestseite die Äste fehlen, der erste lebende Ast, nach Osten abgehend, entsprang bei 8,3 m Höhe und erst bei 15 m Höhe begann die nach allen Seiten gleiche Beastung. An der unbeasteten Seite wurde diese Kiefer von benachbarten Stämmen bedrängt, während sie nach Süden und Osten freistand.

Tab. 64. **Kiefer 35.**

Scheibe	Höhe	Radius der Scheibe, mm				Radius 1891—1895, mm			
	m	Nord	Ost	Süd	West	Nord	Ost	Süd	West
I	0,3	91	**119**	83	69	**13,66**	11,53	6,16	5,91
II	1,3	**100**	81	65,5	67	**11,40**	7,48	4,51	3,78
III	3,4	**80,5**	76,5	64,5	74,5	**8,60**	6,33	5,71	6,10
IV	5,5	**67**	**67**	60,5	59,5	**8,82**[1])	8,65	7,36	7,67
V	7,6	56	**58,5**	56,9	54,8	8,82	7,34	8,20	**9,07**
VI	9,7	**53,5**	50,6	46,4	48,1	**11,23**	8,71	8,26	10,61
VII	11,8	37,4	**40,9**	36,8	33,6	12,46	**13,61**	12,12	9,80
VIII	13,9	19,1	26,0	**27,3**	23,4	10,92	17,67	**18,76**	14,81
IX	15,0	13,8	14,0	14,9	**15,3**	13,78	14,00	14,90	**15,32**

Die nach Osten gelegene Konvexseite der Biegung an der Stammbasis (Scheibe I) war einem stärkeren Drucke ausgesetzt und zeigte dem-

[1]) Bei Scheibe IV der Radius von 1890—1894 gemessen, weil der Ring von 1895 teilweise abgerissen war.

entsprechend an der Ostseite einen grösseren Radius. An den übrigen Scheiben des unbeasteten Stammes (Scheibe II—V) war die vollständig unbeastete Nordseite entweder am stärksten gefördert oder zeigte doch ein der Ostseite gleiches Wachstum. Namentlich tritt die Förderung der Nordseite deutlich hervor, wenn man nur das Wachstum der letzten 5 Jahre in Betracht zieht (Tab. 64). Wäre die Zufuhr von Nahrungsstoffen maſsgebend gewesen, so hätte sich dies besonders an den Scheiben III und IV geltend machen müssen, welche dem Astansatz am nächsten waren, was jedoch nicht der Fall war.

Wie wir schon an Kiefer 14 (Tab. 60) gesehen haben, kann die Richtung des stärksten Wachstums an dem oberen Teile des Stammes eine Verschiebung erleiden. Dieselbe Erscheinung finden wir auch bei Kiefer 35 (Tab. 64). Um eine Begünstigung des Zuwachses unterhalb der Ansatzstellen scheint es sich nicht zu handeln, ich möchte hier vielmehr an einen Torsionsdruck denken, der bei solch fahnenförmiger Krone sehr wohl denkbar wäre, und der sich naturgemäſs in den dünneren Teilen des Stammes leichter geltend macht. Es ist jedenfalls auffallend, daſs die Richtung des stärksten Wachstums von Norden nach Osten, sodann nach Süden und schlieſslich nach Westen übergeht. Nähere Untersuchungen über diesen Punkt wären jedoch erwünscht.

In der Regel scheint die Richtung des stärksten Wachstums bei dem astfreien Schafte für die verschiedenen Höhen die gleiche zu sein. Es ist dies jedoch nicht immer der Fall, wie uns Kiefer 12 (Tab. 65) beweist. Diese 13,5 m hohe Kiefer, im Bestande freistehend, hatte eine Krone von ca. 4 m Durchmesser. Bei 8,3 m Höhe begannen trockene Äste, Scheibe V (10,9 m hoch), befand sich unterhalb eines lebenden Astes.

Tab. 65. **Kiefer 12.**

Scheibe	Höhe m	Radius, mm							
		Nord	Nordost	Ost	Südost	Süd	Südwest	West	Nordwest
I	0,3	**58**	78,5	74	69	69	67,5	**90**	**85**
II	1,3	**73**	**71**	69	65,5	65,5	66,5	65	**78,5**
III	5,5	**61,5**	**62**	58	54	51	52,5	55	**59**
IV	9,7	**43**	**44,5**	**42**	41	35,5	32,5	33,5	33,5
V	10,9	29	**32,5**	**34**	**29,5**	28	26	25	26

Die Abweichung der einzelnen Radien ist bei Kiefer 12 nicht allzu groſs, die Verschiebung der begünstigten Wachstumsrichtung jedoch deutlich zu erkennen. Da es sich um den nicht beasteten Teil des Stammes handelt, kommt der Einfluſs des Astansatzes hier nicht in Betracht, und ich möchte daher an einen Torsionsdruck denken, der sich hier, da der Stamm nicht sehr hoch war, auch an dem unteren Teile des Schaftes geltend gemacht hat.

So viel aus den in diesem Kapitel angeführten Thatsachen hervorgeht, ist der Druck als alleinige Ursache des exzentrischen Dickenwachstums der Kiefer anzusehen. Man wird sich jedoch hüten müssen, die hier gewonnenen Anschauungen ohne weiteres auf andere Pflanzen zu übertragen. Schon der Gegensatz zwischen Pflanzen mit hyponastischen und epinastischen Zweigen weist auf Unterschiede hin, welche durch die verschiedene Reaktionsfähigkeit der einzelnen Spezies gegen Druckwirkungen bedingt sein dürften, was jedoch erst durch spezielle Untersuchungen zu beweisen wäre. Ich habe Ausdrücke wie Hyponastie oder Hypotrophie bei meinen Auseinandersetzungen vermieden, weil hierdurch die Ansicht gefördert wird, es handle sich bei dem einseitig verstärkten Wachstum der Äste um eine wesentlich andere Erscheinung als bei der Exzentrizität des Stammes, was nach meiner Anschauung nicht zutrifft.

Ein verschiedenes Verhalten der einzelnen Spezies kann auch durch eine schärfere Isolierung der Leitungsbahnen, welche zu den einzelnen Ästen führen, bedingt sein, in welchem Falle das Wachstum bestimmter Teile der zuleitenden Sprofsachsen in höherem Mafse von der Entwickelung und Ausbildung der hiermit zusammenhängenden Seitenorgane abhängig sein könnte. Bei der Kiefer habe ich jedoch keine Thatsachen beobachtet, welche auf eine solche Isolierung der Leitungsbahnen schliefsen liefsen.

Auch für die Kiefer ist zuzugeben, dafs ein ungleichseitiges Wachstum unabhängig von Druckwirkungen vorkommen kann. Es beweisen dies die Verbänderungen von Kiefernsprossen, deren Ursachen uns unbekannt sind. In derselben Weise könnte die Richtung der Exzentrizität an dünneren Sprofsachsen durch die Insertion von Seitenorganen oder durch innere Ursachen alteriert werden.

Im wesentlichen handelt es sich bei den von mir beschriebenen Erscheinungen um eine quantitative Anpassung des Wachstums an die äufseren mechanischen Ansprüche, bei welcher die letzteren alz Reiz wirkend eine für die Festigkeit des ganzen Sprofssystems vorteilhafte Verteilung des Zuwachses herbeiführen.

Siebentes Kapitel.

Einwirkung des longitudinalen Druckes auf das Dickenwachstum in verschiedenen Stammhöhen.

Im vorliegenden Kapitel haben wir zunächst zu untersuchen, ob der Kiefernstamm in der äufseren Form einem Träger gleichen Widerstandes entspricht.

Nach dem Vorgange von Metzker (vergl. S. 155) wurden in einem rechtwinkeligen Koordinatensystem die Kuben der Stammradien als Abscissen, die Baumhöhe der einzelnen Scheiben als Ordinaten aufgetragen. Es zeigte sich, dafs mit Ausnahme der untersten und obersten Scheiben die Kuben der Radien annähernd in einer Geraden lagen, der gröfste Teil des Schaftes demnach die Form eines Trägers von gleichem Widerstande besitzt. Die Verlängerung dieser Geraden schneidet die Ordinatenachse in einer Höhe, welche dem Angriffspunkt der biegenden Kräfte entspricht. Man kann sich in dieser Höhe die auf die Krone wirkende Kraft des Windes konzentriert denken und erhält so die fingierte Länge eines Schaftes, an dessen Ende die biegende Kraft angreift. Die fingierte Länge ist natürlich kleiner als die wirkliche Länge des Stammes.

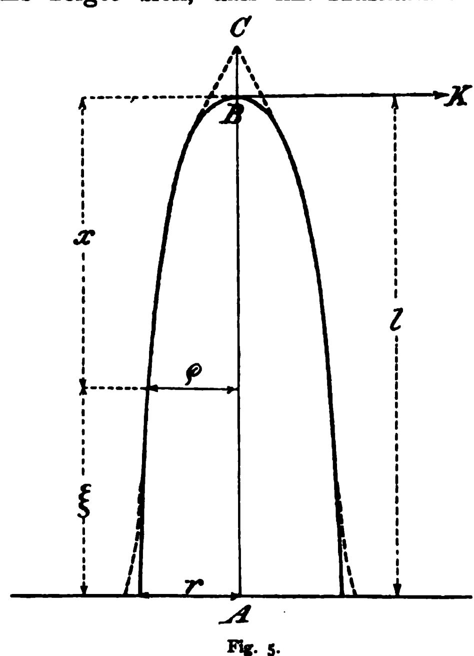


Fig. 5.

Fig. 5 ist unter Benutzung der in Tabelle 66 gegebenen Radien der Kiefer 3 im Jahre 1894 entworfen, und zwar sind aus praktischen Gründen die Höhen im Mafsstab von 1 : 200, die Radien im Mafsstab von 1 : 5 aufgetragen. Die Linie A C stellt die wirliche Länge, die Linie A B = l die fingierte Länge des Stammes dar. Der Punkt B ist der Angriffspunkt der biegenden Kraft. Die ausgezogene Linie in Fig. 5 repräsentiert die Form eines Trägers von gleichem Widerstande, mit derselben fällt die Form des Stammes zusammen bis auf

die durch gestrichelte Linien angedeuteten Strecken an der Stammbasis und an der Stammspitze.

Bezeichnen wir mit ϱ und r zwei Radien des kreisförmigen Stammquerschnittes in der Entfernung von x und l von dem Punkte B, so ist bei einem Stamme, der die Form eines homogenen Trägers von gleichem Widerstande besitzt

$$\frac{\varrho^3}{r^3} = \frac{x}{l} \text{ oder}$$

$$\frac{\varrho^3}{x} = \frac{r^3}{l}$$

Die Kuben der Radien dividiert durch die Entfernung von dem Angriffspunkte der biegenden Kraft müssen danach für alle Höhen des Stammes gleiche Werte ergeben, wenn der Stamm die Form eines homogenen Trägers von gleichem Widerstande besitzt.

Der Wert von $\frac{\varrho^3}{x}$ giebt uns zugleich die Vergröfserung der dritten Potenzen des Radius pro Längeneinheit am Stamm.

Ersetzen wir in der Formel $\varrho^3 = \frac{r^3}{l} x$ das x durch $l - \xi$ (vergl. Fig. 2), wobei ξ die Entfernung der Scheibe vom Boden bedeutet, so erhalten wir

$$\varrho^3 = \frac{r^3}{l}(l - \xi)$$

$$\varrho^3 = r^3 - \frac{r^3}{l}\xi$$

$$\varrho = \sqrt[3]{r^3 - \frac{r^3}{l}\xi}$$

Wir können demnach auch von einer Scheibe jenes Stammteils ausgehen, welches die Form eines Trägers von gleichem Widerstande aufweist und danach mit der entsprechenden Änderung des Wertes von ξ, d. h. der Entfernung von dieser Ausgangsscheibe, die Radiusgröfse für die übrigen Scheiben berechnen. Da die untersten und obersten Scheiben Abweichungen zeigen, müssen wir eine Scheibe aus mittlerer Höhe als Vergleichsobjekt wählen. Durch den Vergleich der berechneten und der durch direkte Messung gefundenen Radiusgröfse erkennen wir, welche Teile des Stammes die Form eines Trägers von gleichem Widerstande aufweisen und wie grofs eventuell die Abweichung in bestimmten Stammhöhen ist.

In den folgenden Tabellen sind die Angaben für vier Kiefern niedergelegt, wobei zugleich die Radien für verschiedene Jahre an demselben Stamm gemessen resp. berechnet wurden. (S. Tab. 66—73).

Wie wir aus den Tabellen 66 bis 73 ersehen, besitzen die Kiefernstämme eine Form, welche einem Träger gleichen Widerstandes entspricht. Die Werte von $\frac{\varrho^3}{x}$ zeigen in den einzelnen Jahren eine weitgehende Übereinstimmung und die Abweichungen der berechneten von den gefundenen Radiusgröfsen sind entweder Null oder so klein, dafs sie durch die Methode

Tab. 66. **Kiefer 3,** ca. 61 Jahre alt, 14,3 m hoch.

Scheibe	Höhe d. Scheibe m	1874 Radius ρ m	1874 Wert von x m	1874 $\frac{\rho^3}{x}$	1884 Radius ρ m	1884 Wert von x m	1884 $\frac{\rho^3}{x}$	1894 Radius ρ m	1894 Wert von x m	1894 $\frac{\rho^3}{x}$
I	0,2	0,056	8,9	0,000 020	0,066	11,0	0,000 026	0,075	12,9	0,000 033
II	1,3	0,053	7,8	0,000 019	0,062	9,9	0,000 024	0,070	11,8	0,000 029
III	3,4	0,048	5,7	0,000 019	0,056	7,8	0,000 023	0,064	9,7	0,000 027
IV	5,5	0,041	3,6	0,000 019	0,051	5,7	0,000 023	0,059	7,6	0,000 027
V	7,6	0,032	1,5	0,000 021	0,044	3,6	0,000 023	0,053	5,5	0,000 027
VI	9,7	0,014	—	—	0,033	1,5	0,000 024	0,046	3,4	9,000 028
VII	10,8	—	—	—	0,023	0,4	—	0,040	2,3	0,000 027
VIII	11,9	—	—	—	0,011	—	—	0,032	1,2	0,000 027
IX	13,0	—	—	—	—	—	—	0,019	0,1	—
Fingierte Höhe m		—	9,1	—	—	11,2	—	—	13,1	—

Tab. 67. **Kiefer 3.**

Scheibe	Wert von ξ m	1874 Radius, m berechnet	1874 Radius, m gefunden	1874 Diff. m	1884 Radius, m berechnet	1884 Radius, m gefunden	1884 Diff. m	1894 Radius, m berechnet	1894 Radius, m gefunden	1894 Diff. m
I	— 3,2	0,056	0,056	0	0,063	0,066	+ 0,003	0,070	0,075	+ 0,005
II	— 2,1	0,053	0,053	0	0,061	0,062	+ 0,001	0,068	0,070	+ 0,002
III	0	0,048	0,048	0	0,056	0,056	0	0,064	0,064	0
IV	2,1	0,041	0,041	0	0,050	0,051	+ 0,001	0,059	0,059	0
V	4,2	0,031	0,032	+ 0,001	0,043	0,044	+ 0,001	0,053	0,053	0
VI	6,3	—	—	—	0,032	0,033	+ 0,001	0,045	0,046	+ 0,001
VII	7,4	—	—	—	0,021	0,023	+ 0,002	0,039	0,040	+ 0,001
VIII	8,5	—	—	—	—	—	—	0,032	0,032	0

Tab. 68. **Kiefer 23,** ca. 27 Jahre alt, 10,7 m hoch.

Scheibe	Höhe der Scheibe m	1890 Radius ρ m	1890 Wert von x m	1890 $\frac{\rho^3}{x}$	1895 Radius ρ m	1895 Wert von x m	1895 $\frac{\rho^3}{x}$
I	0,15	0,071	6,35	0,000 056	0,086	8,15	0,000 078
II	1,3	0,056	5,2	0,000 034	0,069	7,0	0,000 047
III	3,4	0,048	3,1	0,000 035	0,061	4,9	0,000 046
IV	5,5	0,033	1,0	0,000 035	0,052	2,8	0,000 050
V	7,6	—	—	—	0,032	0,7	0,000 047
Fingierte Höhe, m		—	6,5	—	—	8,3	—

Tab. 69. **Kiefer 23.**

Scheibe	Wert von ξ m	1890			1895		
		Radius, m		Diff.	Radius, m		Diff.
		berechnet	gefunden		berechnet	gefunden	
I	— 3,25	0,061	0,071	+ 0,010	0,072	0,086	+ 0,014
II	— 2,1	0,057	0,056	— 0,001	0,069	0,069	0
III	0	0,048	0,048	0	0,061	0,061	0
IV	2,1	0,033	0,033	0	0,051	0,052	0,001
V	4,2	—	—	—	0,032	0,032	0

Tab. 70. **Kiefer 34,** ca. 38 Jahre alt, 16,7 m hoch.

Scheibe	Höhe der Scheibe m	1880 Radius ρ m	1880 Wert von x m	1880 $\frac{\rho^2}{x}$	1885 Radius ρ m	1885 Wert von x m	1885 $\frac{\rho^2}{x}$	1890 Radius ρ m	1890 Wert von x m	1890 $\frac{\rho^2}{x}$	1895 Radius ρ m	1895 Wert von x m	1895 $\frac{\rho^2}{x}$
I	0,3	0,056	8,1	0,000 022	0,066	9,8	0,000 029	0,080	13,1	0,000 039	$0,095_0$	15,2	0,000 056
II	1,3	0,047	7,1	0,000 015	0,057	8,8	0,000 021	0,070	12,1	0,000 028	$0,082_8$	14,2	0,000 039
III	3,4	0,042	5,0	0,000 015	0,053	6,7	0,000 022	0,066	10,0	0,000 028	$0,077_8$	12,1	0,000 039
IV	5,5	0,031	2,9	0,000 010	0,046	4,6	0,000 021	0,061	7,9	0,000 028	$0,073_8$	10,0	0,000 039
V	7,6	0,013	0,8	0,000 003	0,034	2,5	0,000 015	0,054	5,8	0,000 027	$0,067_6$	7,9	0,000 039
VI	9,7	—	—	—	0,019	1,4	0,000 004	0,045	3,7	0,000 025	$0,059_9$	5,8	0,000 037
VII	11,8	—	—	—	—	—	—	0,025	1,6	0,000 010	$0,044_1$	3,7	0,000 024
Fingierte Höhe, m		—	8,4	—	—	10,1	—	—	13,4	—	—	15,5	—

Tab. 71. **Kiefer 34.**

Scheibe	Wert von ξ m	1880 Radius, m berechnet	1880 Radius, m gefunden	1880 Diff. m	1885 Radius, m berechnet	1885 Radius, m gefunden	1885 Diff. m	1890 Radius, m berechnet	1890 Radius, m gefunden	1890 Diff. m	1895 Radius, m berechnet	1895 Radius, m gefunden	1895 Diff. m
I	—1,0	0,049	0,056	+ 0,007	0,059	0,066	+ 0,007	0,072	0,080	+ 0,008	0,084	0,095	+ 0,011
II	0	0,047	0,047	0	0,057	0,057	0	0,070	0,070	0	0,082	0,082	0
III	2,1	0,042	0,042	0	0,052	0,053	+ 0,001	0,066	0,066	0	0,078	0,078	0
IV	4,2	0,034	0,031	— 0,003	0,046	0,046	0	0,061	0,061	0	0,073	0,073	0
V	6,3	0,021	0,013	— 0,008	0,038	0,034	— 0,004	0,055	0,054	— 0,001	0,068	0,068	0
VI	8,4	—	—	—	0,021	0,019	— 0,002	0,048	0,045	— 0,003	0,061	0,060	— 0,001
VII	10,5	—	—	—	—	—	—	0,037	0,025	— 0,012	0,053	0,044	— 0,009

Tab. 72. **Kiefer 32,** ca. 96 Jahre alt, 30,2 m hoch.

Scheibe	Höhe der Scheibe m	1884 Radius ϱ m	1884 Wert von x m	1884 $\frac{\varrho^3}{x}$	1894 Radius ϱ m	1894 Wert von x m	1894 $\frac{\varrho^3}{x}$
I	0,3	0,202	25,9	0,000 318	0,214	26,8	0,000 366
II	1,4	0,167	24,8	0,000 188	0,177	25,7	0,000 216
III	5,5	0,153	20,7	0,000 173	0,161	21,6	0,000 193
IV	9,6	0,137	16,6	0,000 155	0,146	17,5	0,000 178
V	13,7	0,125	12,5	0,000 156	0,133	13,4	0,000 176
VI	17,8	0,110	8,4	0,000 159	0,118	9,3	0,000 177
VII	19,9	0,104	6,3	0,000 178	0,114	7,2	0,000 206
VIII	22,0	0,087	4,2	0,000 157	0,096	5,1	0,900 174
IX	24,1	0,069	2,1	0,000 156	0,080	3,0	0,000 171
X	26,2	0,041	—	—	0,055	—	—
XI	27,3	0,022	—	—	0,036	—	—
XII	28,4	0,007	—	—	0,021	—	—
					0,010		
Fingierte Höhe, m		—	26,2	—	—	27,1	—

Tab. 73. **Kiefer 32.**

Scheibe	Wert von ξ m	1884 Radius, m berechnet	1884 Radius, m gefunden	1884 Diff.	1894 Radius, m berechnet	1894 Radius, m gefunden	1894 Diff.
I	— 13,4	0,159	0.202	+ 0,043	0,168	0,214	+ 0,046
II	— 12,3	0,157	0,167	+ 0,010	0,165	0,177	+ 0,012
III	— 8,2	0,148	0,153	+ 0,005	0,156	0,161	+ 0,005
IV	— 4,1	0,137	0,137	0	0,145	0,146	+ 0,001
V	0	0,125	0,125	0	0,133	0,133	0
VI	4,1	0,110	0,110	0	0,118	0,118	0
VII	6,2	0,099	0,104	+ 0,005	0,108	0,114	+ 0,006
VIII	8,3	0,087	0,087	0	0,096	0,096	0 ·
IX	10,4	0,069	0,069	0	0,081	0,080	— 0,001

der Messung zu erklären sind. Eine Differenz von 1 oder 2 mm kann sich leicht vorfinden, da die Stämme nicht immer vollständig kreisrund waren, auch nur vier Messungen des Radius einer Scheibe vorgenommen wurden, und aufserdem die Stämme nicht besonders für diese Bestimmungen ausgesucht waren. Die Übereinstimmung mit der Form eines Trägers gleichen Widerstandes erstreckt sich jedoch nicht auf alle Scheiben, wir sehen vielmehr, dafs die unterste Scheibe durchgehends einen zu grofsen Radius aufweist, und auch bei den nächst höheren Scheiben sich Abweichungen finden können (Kiefer 32).

Die Abweichung der untersten Scheibe ist im allgemeinen um so

stärker, je gröfser der Wert $\frac{\varrho^3}{x}$ ist, resp. je gröfser die Zunahme der Radiuskuben pro 1 m Stammhöhe. Bei Kiefer 3 beträgt die Zunahme der Radiuskuben in den Jahren 1874, 1884 und 1894 0,000019, 0,000023 und 0,000027 m. Die Abweichung der untersten Scheibe erreicht im Jahre 1874 noch nicht der Wert von 1 mm und steigt 1884 resp. 1894 auf 3 resp. 5 mm. Dasselbe können wir an Kiefer 34 beobachten. Bei Kiefer 32 finden wir entsprechend der wesentlich gröfseren Differenz der Radiuskuben pro Meter Stammhöhe (circa 0,000156 resp. 0,000177 m) auch die unterste Scheibe viel stärker vergröfsert. Die Differenz beträgt hier 43 resp. 46 mm. Zugleich weist bei dieser Kiefer nicht nur die unterste Scheibe in 0,3 m Baumhöhe, sondern auch die zweite und dritte Scheibe ein über die Form eines Trägers gleichen Widerstandes hinausgehendes Wachstum auf. (Tab. 73).

Mit dem Alter eines Baumes wird auch die Differenz der Radiuskuben gröfser und dementsprechend finden wir an ein und demselben Baume die Abweichung der untersten Scheibe gesteigert, diese Abweichung ist aber nicht von dem Alter selbst abhängig. Kiefer 23, im Jahre 1895 27 Jahre alt, zeigt eine gröfsere Abweichung als die Kiefern 3 und 34, obwohl erstere ca. 61, letztere 38 Jahre alt ist.

Die Abweichungen an der Stammbasis von der Form des Trägers gleichen Widerstandes bestehen demnach auch bei der Kiefer entgegen der Ansicht von Metzker,[1]) nach welcher eine Verstärkung der Stammbasis bei Holzarten mit Pfahlwurzelbildung überflüssig sei und bei der Kiefer auf tiefgründigem Sandboden fast völlig verschwinde.

Die Unregelmäfsigkeit der Kronenbildung bei der Kiefer gestattete keine genauere Ableitung der Stammform innerhalb der Krone.

In dem unteren Teil der Krone kann die Form des Schaftes noch dieselben Verhältnisse aufweisen wie unterhalb des Kronenansatzes. Es mag dies mit dem Umstande zusammenhängen, dafs in einem geschlossenen Bestande die untersten Zweige dem Winde weniger ausgesetzt sind, daher für die mechanische Beanspruchung und ebenso für die Schaftform hauptsächlich die oberen Teile der Krone ausschlaggebend sind. Nach den Beobachtungen der Meteorologen geht der Wind mehr über einen geschlossenen Bestand hinweg, weshalb hauptsächlich die oberen Kronenteile dem Winde als Angriffsfläche dienen.

Innerhalb der Krone mufs nach den Angaben von Metzker eine stärkere Abnahme des Radius per Meter Stammlänge eintreten als in dem unterhalb der Krone gelegenen Stammteile. Innerhalb der Krone müfsten dementsprechend bei der von uns angewendeten Methode die berechneten Werte des Radius zu grofs sein, was thatsächlich bei Kiefer 34, welche eine tiefer angesetzte Krone hat, deutlich hervortritt (Tab. 71). Aufserdem ist jedoch noch zu berücksichtigen, dafs der Ansatz der einzelnen Äste auf die Gröfse des Scheibendurchmessers einen Einflufs ausübt, indem der Druck

---

[1]) Metzker, Mündener Forstliche Hefte, Heft 3, S. 50.

an der Ansatzstelle das Wachstum steigert. Eine solche Vergröfserung des Radius infolge des Astansatzes finden wir bei Scheibe VII der Kiefer 32 (Tab. 73), die einer Höhe von 19,9 m entnommen ist, während die untersten Äste der Krone bei 20,0 m ansetzten. Aufserdem sind die oberen Schaftteile innerhalb der Krone häufig gebogen, wodurch das Dickenwachstum exzentrisch wird und die Bestimmung der Querschnittsfläche nach der von uns angewendeten Methode an Genauigkeit verliert. Eine Ableitung der Radiusgröfsen innerhalb der Kronen nach statischen Grundsätzen ist daher mit grofsen Schwierigkeiten verknüpft.

Der Radius einer Scheibe in verschiedenen Jahren entspricht immer der Form eines Trägers gleichen Widerstandes, die Verteilung des Zuwachs kann demnach nur durch die mechanischen Ansprüche bedingt sein. Würden Ernährungsfaktoren bei der Verteilung des Zuwachses einwirken, so müfste sich bei Stämmen, die wie die angeführten unter sehr verschiedenen äufseren Bedingungen gewachsen sind, ein Unterschied geltend machen, was jedoch nicht stattfindet. In allen Fällen sehen wir die gleiche Anpassung der Wachstumsgröfse in verschiedenen Stammhöhen an die mechanischen Ansprüche. Kiefer 3 zeigt auf dem sehr trockenen und ungünstigen Boden ein geringes, Kiefer 34 auf dem sehr feuchten und besseren Boden ein ziemlich lebhaftes Wachstum. In Brusthöhe (1,3 m) vergröfserte sich der Radius bei Kiefer 3 in den Jahren 1885—1894 um 8 mm, bei Kiefer 34 in den Jahren 1886—1895 um 25 mm, trotzdem entspricht in beiden Fällen der Stamm der Form eines Trägers von gleichem Widerstande. Kiefer 3, die unzweifelhaft eine viel geringere Assimilation zeigte, hat im Jahre 1894 annähernd dieselbe Stammform wie Kiefer 34 im Jahre 1890 entsprechend der ungefähr gleichen Höhe und dem annähernd gleich hoch liegenden Angriffspunkt der biegenden Kräfte. Wäre die Stärke der Assimilation, resp. die Menge der von oben nach abwärts geleiteten Stoffe mafsgebend, so müfste Kiefer 3 in den oberen Teilen des Stammes gröfsere, in den unteren Teilen des Stammes relativ kleinere Radien aufweisen als Kiefer 34, da nach der Anschauung von R. Hartig u. a. bei geringer Zufuhr von Nahrungsstoffen dieselben zunächst in den oberen Stammteilen verbraucht werden und bis zu den unteren Stammteilen nur weniger Nahrungsstoffe vordringen.

Ebenso bestanden zwischen den Kiefern 3 und 34 Unterschiede bezüglich der Aufnahme mineralischer Bestandteile aus dem Boden, dieselben haben gleichfalls keine Veränderung der Stammform hervorgebracht.

Kiefer 23, deren Radiusgröfse bei 1,3 m Höhe im Jahre 1895 der von Kiefer 34 im Jahre 1890 entspricht, weist eine wesentlich andere Verteilung des Zuwachses auf, weil die biegende Kraft in einer anderen Höhe angreift.

Die Stämme behalten in den verschiedenen Zeitabschnitten die Form eines Trägers gleichen Widerstandes bei. Die Gesamtgröfse des Zuwachses ist von der Ernährung und dem Alter des betreffenden Baumes abhängig, die Verteilung des Zuwachses auf die verschiedenen Stammhöhen mufs jedoch dauernd durch jene mechanischen Reize reguliert werden, welche

bewirken, dafs der Stamm genau die Form eines Trägers von gleichem Widerstande erhält. Die regulierende Wirkung des mechanischen Reizes wird sich in jener Stammhöhe am stärksten geltend machen, wo der Stamm relativ am schwächsten ist, gleichviel ob dies die unteren oder oberen Stammpartieen trifft. Wie wir später nachweisen werden, finden wir thatsächlich unter Erhaltung der Form eines Trägers von gleichem Widerstande sehr verschiedene Arten der Wachstumsverteilung auf die einzelnen Stammhöhen.

Bevor wir jedoch auf die verschiedenen Fälle der Wachstumsverteilung eingehen, wollen wir versuchen die Art der Druckwirkung etwas näher zu beleuchten.

Es handelt sich in unserem Falle um einen diskontinuierlich wirkenden Druck, dessen Stärke mit den durch den Wind hervorgerufenen Bewegungen des Baumes sehr wesentlich schwankt und wobei zeitweise eine Druckspannung sogar in eine Zugspannung übergehen kann. Ich erwähne dies, weil bei tierischen Geweben ein kontinuierlicher Druck verschiedene Folgen haben kann als ein Druck von wechselnder Stärke, indem ersterer z. B. Atrophie, letzterer hypertrophische Erscheinungen hervorrufen kann. Bei der wechselnden Stärke des Druckes wird die Stärke des Reizes von seiner mittleren Intensität in einer bestimmten Richtung abhängig sein. Bei der Kiefer wirkt ein kontinuierlicher Druck in anologer Weise wie ein Druck von wechselnder Stärke, denn eine umgebogene Kiefer, deren oberer Teil dauernd befestigt war, zeigt an der Druckseite ebenfalls eine Förderung des Dickenwachstums.

Der durch Biegungen hervorgerufene Druck ist ein Longitudinaldruck, während sich der Erfolg des Druckreizes in radialer Richtung als Steigerung des Dickenwachstums geltend macht. Diese Steigerung des Dickenwachstums wird naturgemäfs in jener Richtung am leichtesten zu Tage treten, in welcher der Widerstand am geringsten ist. Dies ist aber die radiale Richtung, da hier nur der Rindendruck einer Vergröfserung entgegenwirkt.

Wie Krabbe[1]) gezeigt hat, ist dieser Rindendruck im Vergleich zu der von den wachsenden Holzzellen entwickelten Energie sehr gering, da letztere bei Koniferen mindestens 10 Atmosphären, der Radialdruck der Rinde nur circa 0,5 Atmosphären beträgt. Ob die osmotische Kraft der wachsenden Zellen durch den in longitudinaler Richtung wirkenden Reiz gesteigert wird, läfst sich nicht sagen, da ein gröfseres Wachstum auch bei gleich bleibender osmotischer Kraft stattfinden kann.

Wie bei jeder Reizerscheinung ist der Effekt der Druckwirkung abhängig von der Beschaffenheit des betreffenden Pflanzenteils und von der Gröfse des Druckes. Innerhalb welcher Grenzen sich an einer Scheibe der Flächenzuwachs und die Zellteilungsfrequenz bewegt, hängt sowohl von dem Ernährungszustande der Pflanze, ihrer Versorgung mit plastischem Material und Wasser ab, als von dem Alter derselben.

---

[1]) Über das Wachstum des Verdickungsringes und der jungen Holzzellen in seiner Abhängigkeit von Druckwirkungen. Abh. der Kgl. Preufs. Akad. d. Wissenschaften 1884, S. 58.

Daſs die Stärke des Drucks auf die Gröſse des Wachstums Einfluſs hat, wurde schon Seite 162 gezeigt.

Die Kiefern haben, wie wir oben gesehen haben, die Form von Trägern gleichen Widerstandes gegen Biegung, sie können daher nicht zugleich die Form eines Trägers gleichen Widerstandes gegen das eigene Gewicht besitzen. Da jedoch die Belastung der einzelnen Stammquerschnitte für die Ausbildung des Spätholzes in Frage kommt, möchte ich dieselbe schon hier einer Betrachtung unterziehen.

Zu diesem Zwecke habe ich aus meinen Messungen das Volumen der einzelnen Stammabschnitte berechnet.[1]) Die Summe derselben ergab das Volumen des Hauptstammes. Hierzu kommt noch das Volumen der Krone, welches ich nach Messungen gleichartiger Stämme auf gleichem Boden, die mir Herr Professor A. Schwappach zur Verfügung stellte, in bestimmten Prozenten des Schaftvolumens annahm. Die Krone wurde angenommen bei Kiefer Nr. 14 mit 12 %, bei Nr. 15 mit 9 %, bei Nr. 32 mit 11 %, bei Nr. 34 mit 11 %, bei Nr. 3 mit 16 % des Stammvolumens. Das Gewicht des Holzes im lebenden Stamm ist nach der Dicke der Zellwandungen und dem Wassergehalte verschieden, und da mir keine direkten Gewichtsbestimmungen zur Verfügung standen, muſs ich, das spezifische Gewicht gleich 1 setzend, das Volumen an Stelle des Gewichts verwenden. Wir erhalten auf diese Weise das Volumen Holz, welches auf 1 qcm Querschnittsfläche ruht. Dies sind allerdings nur relativ giltige Werte, für unsere Zwecke reichen dieselben jedoch aus, da die Unterschiede wie aus den Tabellen 74 bis 78 zu ersehen ist, sehr bedeutend sind. Sie sollen uns nur ein Bild von der annähernden Belastung der einzelnen Stammquerschnitte geben. Daneben sind in den folgenden Tabellen für die letzten 10 resp. 5 Jahre die Zahlen für den jährlichen Flächenzuwachs, die mittlere Ring- und Spätholzbreite, die Frühholz- und Spätholzflächen, sowie die Spätholzprozente angeführt, welche zum Teil erst später besprochen werden sollen.

Wie aus den Tabellen 74—78 hervorgeht und ich auch noch an einer gröſseren Anzahl von Stämmen konstatierte, liegt die gröſste Belastung an den gemessenen Scheiben nicht an der Basis des Stammes, sondern in einiger Entfernung über der Basis. Bei unseren Untersuchungen ist es durchwegs die Scheibe II in 1,3 m Höhe, welche die gröſste Last zu tragen hat, doch wäre zur genaueren Bestimmung der Höhe der gröſsten Belastung die Untersuchung zahlreicherer, näher zusammenliegender Scheiben notwendig gewesen. Nur ausnahmsweise (Kiefer 3 Tab. 78) kann die basale Scheibe I ebenso stark belastet sein als Scheibe II. Nach oben hin nimmt die Gröſse der Belastung konstant ab, so daſs sie in der Regel unterhalb der Krone auf die Hälfte der Maximalbelastung bei 1,3 m Höhe

---

[1]) Nach der in der bei solchen Untersuchungen üblichen Formel $(G + g)\,\frac{h}{2}$, wobei G und g die Querschnittsflächen, h die Länge eines Abschnittes darstellen.

Tab. 74. **Kiefer 14,** Höhe 23,25 m.

Scheibe	Höhe	Fläche	Volumen ccm				1888—1897 (Mittel)					
			des Stammes		von Stamm und Krone		Flächen-zuwachs	Ring-breite	Spät-holz-breite	Fläche		Spät-holz
			über der Scheibe	auf 1 qcm	über der Scheibe	auf 1 qcm				Früh-holz	Spät-holz	
	m	qcm					qcm	mm	mm	qcm	qcm	%
I	0,3	771	752 277	976	842 550	1093	12,33	1,33	0,64	6,41	5,92	48
II	1,3	606	683 427	1128	773 700	1277	9,54	1,13	0,56	4,77	4,77	50
III	3,4	540	563 097	1043	653 370	1210	9,32	1,18	0,57	4,75	4,57	49
IV	5,5	502	453 687	904	543 960	1084	8,65	1,14	0,49	4,93	3,72	43
V	7,8	473	341 562	722	431 835	913	8,86	1,21	0,50	5,23	3,63	41
VI	9,9	405	249 372	615	339 645	839	8,83	1,31	0,47	5,65	3,18	36
VII	11,9	341	174 772	512	265 045	777	8,75	1,40	0,47	5,77	2,98	34
VIII	14,3	301	97 732	325	188 005	625	9,86	1,76	0,55	6,80	3,06	31
IX	16,2	187	51 372	275	—	—	10,30	2,55	0,91	6.59	3,71	36
X	18,0	123	23 472	191	—	—	8,57	2,82	0,70	6,43	2,14	25
XI	19,7	53	6 727	127	—	—	4,83	2,88	0,64	3,77	1,06	22
XII	21,1	17	1 827	107	—	—	—	—	—	—	—	—

Tab. 75. **Kiefer 15,** Höhe 20,65 m.

Scheibe	Höhe	Fläche	Volumen ccm				1888—1897 (Mittel)						1878—1887 (Mittel)					
			des Stammes		von Stamm und Krone		Flächenzuwachs	Ringbreite	Spätholzbreite	Fläche		Spätholz	Flächenzuwachs	Ringbreite	Spätholzbreite	Fläche		Spätholz
			über der Scheibe	auf 1 qcm	über der Scheibe	auf 1 qcm				Frühholz	Spätholz					Frühholz	Spätholz	
	m	qcm					qcm	mm	mm	qcm	qcm	%	qcm	mm	mm	qcm	qcm	%
I	0,25	244	196 526	805	214 213	878	1,05	0,19	0,072	0,65	0,40	38	2,78	0,49	$0{,}22_9$	1,47	1,31	47
II	1,3	184	174 056	946	191 743	1042	0,48	0,10	0,028	0,35	0,13	28	1,18	0,25	$0{,}08_4$	0,79	0,39	33
III	3,4	166	137 306	827	154 993	934	0,51	0,11	0,023	0,40	0,11	21	1,44	0,33	$0{,}10_7$	0,96	0,48	33
IV	5,45	149	105 018	705	122 705	824	0,58	0,13	0,025	0,47	0,11	19	1,76	0,43	$0{,}13_0$	1,23	0,53	30
V	7,6	125	75 563	604	93 250	746	0,68	0,17	0,040	0,52	0,16	23	1,82	0,49	$0{,}14_8$	1,27	0,55	30
VI	9,65	97	51 698	533	69 385	715	0,64	0,19	0,036	0,52	0,12	19	1,72	0,54	$0{,}16_5$	1,19	0,53	31
VII	11,8	79	32 778	415	50 465	639	0,66	0,21	0,044	0,52	0,14	21	1,93	0,69	0,22	1,31	0,62	32
VIII	13,9	58	18 393	317	36 080	622	0,74	0,29	0,066	0,57	0,17	23	2,13	0,97	0,26	1,55	0,58	27
IX	15,5	46	10 073	219	27 760	603	1,07	0.48	0,122	0,79	0,28	26	2,58	1,63	0,52	1,76	0,82	32
X	18,2	15	1 838	123	—	—	1,22	1,23	0,379	0,84	0,38	31	0,58	1,73	0,34	0,46	0,12	20

[1]) Mittel aus den Jahren 1883—87.

Tab. 76. **Kiefer 32,** Höhe 30,2 m.

Scheibe	Höhe	Fläche	Volumen ccm von Stamm und Krone		1885—1894 (Mittel)					
	m	qcm	über der Scheibe	auf 1 qcm	Flächenzuwachs qcm	Ringbreite mm	Spätholzbreite mm	Fläche Frühholz qcm	Fläche Spätholz qcm	Spätholz %
I	0,3	1435	1 689 881	1178	14,93	1,14	0,55	7,76	7,17	48
II	1,4	979	1 557 111	1590	10,33	0,96	0,45	5,47	4,86	47
III	5,5	815	1 189 341	1459	8,22	0,83	0,35	4,77	3,45	42
IV	9,6	670	884 916	1321	7,58	0,85	0,30	5,00	2,58	34
V	13,7	557	633 381	1137	6,80	0,84	0,27	4,62	2,18	32
VI	17,8	439	429 201	978	5,90	0,82	0,20	4,48	1,42	24
VII	19,9	406	340 476	839	6,30	0,92	0,24	4,66	1,64	26
VIII	22,0	288	—	—	5,13	0,89	0,21	3,90	1,23	24
IX	24,1	199	—	—	4,57	1,10	0,25	3,52	1,05	23
X	26,2	95	—	—	4,32	1,44	0,32	3,37	0,95	22
IX	27,3	41	—	—	2,61	1,43	0,38	1,91	0,70	27
XII	28,4	14	—	—	1,19	1,35	—	—	—	—

Tab. 77. **Kiefer 34,** Höhe 16,7 m.

Scheibe	Höhe	Fläche	Volumen ccm von Stamm und Krone		1891—1895 (Mittel)					
	m	qcm	über der Scheibe	auf 1 qcm	Flächenzuwachs qcm	Ringbreite mm	Spätholzbreite mm	Fläche Frühholz qcm	Fläche Spätholz qcm	Spätholz %
I	0,3	296	224 686	759	16,76	3,05	1,28	9,72	7,04	42
II	1,3	221	198 836	900	12,16	2,55	1,19	6,44	5,72	47
III	3,4	197	154 946	787	11,09	2,46	1,08	6,21	4,88	44
IV	5,5	176	115 781	658	10,58	2,51	0,91	6,77	3,81	36
V	7,6	156	80 921	519	10,67	2,74	0,75	7,79	2,88	27
VI	9,7	119	—	—	9,98	3,04	0,71	7,68	2,30	23
VII	11,8	69	—	—	8,37	3,87	0,56	7,11	1,26	15
VIII	14,0	10	—	—	1,96	1,54	—	—	—	—

Tab. 78. **Kiefer 3,** Höhe 14,3 m.

Scheibe	Höhe	Fläche	Volumen ccm von Stamm und Krone		1885—1894 (Mittel)					
			über der Scheibe	auf 1 qcm	Flächenzuwachs	Ringbreite	Spätholzbreite	Fläche Frühholz	Fläche Spätholz	Spätholz
	m	qcm			qcm	mm	mm	qcm	qcm	%
I	0,2	176	143 283	814	3,90	0,88	0,43	1,99	1,91	49
II	1,3	154	125 133	813	3,38	0,82	0,44	1,59	1,79	53
III	3,4	129	95 418	740	2,92	0,77	0,32	1,72	1,20	41
IV	5,5	110	70 323	639	2,77	0,80	0,26	1,88	0,89	32
V	7,6	87	49 638	571	2,58	0,85	0,25	1,83	0,75	29
VI	9,7	65	33 678	518	3,10	1,26	0,35	2,23	0,87	28
VII	10,8	50	27 353	467	3,39	1,72	0,45	2,51	0,88	26
VIII	11,9	32	—	—	2,79	2,06	—	—	—	—
IX	13,0	11	—	—	1,01	1,71	—	—	—	—

herabgeht. Innerhalb der Krone muſs die Belastung wesentlich schneller sinken, da die Last eines Teils der Äste wegfällt und an der Spitze der Wert auf Null sinkt.

Soweit meine Untersuchungen reichen, scheint die Maximalbelastung einen Druck von 1 $^1/_2$ Atmosphären nicht zu überschreiten und auch diese Gröſse nur bei hohen alten Stämmen zu erreichen. Auſser Kiefer 32, mit 30,2 m Höhe, kommen hier noch die Kiefern 31 mit 32,0 m und 30 mit 28,8 m Höhe in Betracht. Bei Stämmen mittlerer Höhe entspricht die Maximalbelastung einem Druck von $^1/_2$—1 Atmosphäre, bei jüngeren Stämmen von geringerer Höhe ist dieselbe noch wesentlich kleiner.

Flächenzuwachs oder Jahresringbreite stehen zu der Gröſse der Belastung in keinen Beziehungen.

Bei Kiefer 14 (Tab. 74) ist der Flächenzuwachs der Scheiben IV bis VII nicht wesentlich verschieden trotz stark verminderter Belastung, in den Scheiben II und III sowie VIII und IX ist der Flächenzuwachs gröſser, obgleich in dem einen Falle die Belastung wesentlich höher, im anderen Falle wesentlich geringer ist als bei den Scheiben IV—VII. Analoge Beweise für die Nichtübereinstimmung von Differenzen der Belastung mit den Differenzen des Flächenzuwachses bieten auch die übrigen Stämme, wie denn auch nirgends der maximalen Belastung weder eine wesentliche Steigerung noch eine wesentliche Verminderung des Flächenzuwachses entspricht. Dasselbe gilt auch von der Breite der Jahresringe. Wenn innerhalb gewisser Stammhöhen die Jahresringbreite von unten nach oben steigt bei fallender Belastung, so kann die letztere nicht die Ursache der Steigerung der Jahresringbreite resp. der Zellteilungsfrequenz sein, da bei annähernd gleicher Belastung an demselben Stamm die Ringbreite ver-

schieden ist (Kiefer 14, Scheibe I und IV), oder bei gleicher Ringbreite die Belastung sehr verschieden sein kann (Kiefer 32, Scheibe III—VI).

Aus dem Angeführten geht hervor, daſs die Verteilung des Dickenwachstums nicht durch das Eigengewicht des Stammes bedingt sein kann. Wir müssen daher den Einfluſs des Druckes, welcher bei der Biegung des Stammes durch den Wind entsteht, weiter verfolgen.

Die Kambiumzellen sind als an der Peripherie des Trägers liegend bei der Biegung des Stammes der Maximalspannung ausgesetzt, die Maximalspannung muſs bei einem Träger gleichen Widerstandes in den verschiedenen Höhen des Stammes gleich sein, was bei dem verschiedenen Abstand der Kambiumzellen von der Neutralen dadurch erreicht wird, daſs der Krümmungsradius in den oberen Stammteilen kleiner ist als in den unteren, resp. die oberen Teile sich stärker biegen als die unteren Teile. Nehmen wir an, das Material des Stammes sei in allen Teilen gleichartig, was jedoch bei der Kiefer nicht zutrifft, so müſste nicht nur die Druckspannung, sondern auch die Verkürzung in allen Kambiumzellen gleich sein. Würde eine solche in allen Teilen gleiche Druckspannung oder Verkürzung als Reiz wirken, so wäre die Reizgröſse in den oberen und unteren Teilen des Stammes gleich. Wir finden nun in den oberen Stammteilen wesentlich breitere Jahresringe, d. h. durch den gleichen Reiz werden in den oberen Stammteilen mehr Zellteilungen ausgelöst als in den unteren. Eine solche Erscheinung wäre nur durch eine je nach der Stammhöhe verschiedene Reaktionsfähigkeit der Kambiumzellen gegen Druck zu erklären. Wenn daher ein in die Dicke wachsender Kiefernstamm ein Träger gleichen Widerstandes bleibt, so wäre dies auf innere Ursachen zurückzuführen, welche die Wachstumsfähigkeit und Zellteilungsfrequenz in bestimmter Weise beeinflussen. Eine vollständige Anpassung an lokal gesteigerte mechanische Ansprüche würde auf diesem Wege kaum möglich sein.

Das Material ist nun aber in einem Kiefernstamme oben und unten nicht gleich. Unter der Annahme, die Elastizität der Wandung bleibe bei gleicher Dicke der Wand dieselbe, kommt dort, wo das Spätholzprozent höher ist, also in den unteren Stammteilen, auf 1 qmm Fläche mehr Wandsubstanz, und der Elastizitätsmodul muſs annähernd um so gröſser sein, je höher das Spätholzprozent ist. Geringere Abweichungen können durch verschiedene Wandstärke des Frühholzes bedingt sein, da jedoch bei höherem Spätholzprozent auch das Frühholz dickere Wandungen hat, wirken Erhöhung des Spätholzprozentes und Verdickung der Frühholzzellen in gleichem Sinne. Durch die äuſserst sorgfältigen Untersuchungen von M. Rudeloff[1]) wurde an Kiefern nachgewiesen, daſs der Elastizitätsmodul für die im Stamm höher gelegenen Abschnitte erheblich geringer ist als für die im unteren Stammende gelegenen Proben, welche Thatsache sowohl durch Biegeversuche als durch Zugversuche ermittelt wurde. Der Zugelasti-

[1]) M. Rudeloff, Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirtschaft etc. ausgeführten Holzuntersuchungen. Mitteilungen aus den königl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin. Ergänzungsheft III 1889. S. 39, 44.

zitätsmodul war 2 Monate nach der Fällung für die Stammhöhe von 1,0 bis 4,1 m im Mittel 1165, für die Stammhöhe von 7,2—10,3 m 946. Letzterer betrug demnach nur 81,2 % des ersteren, obgleich die Höhendifferenz der untersuchten Abschnitte nicht sehr bedeutend war. Bei gröfseren Unterschieden der Stammhöhen darf man sicher auf gröfsere Differenzen in der Elastizität rechnen.

Die Elastizität des Holzkörpers mufs auf die Volumveränderung der im Wachstum begriffenen Kambiumzellen bei der Biegung einwirken. Die Zusammendrückung des Holzcylinders und dementsprechend die Verkürzung der Kambiumzellen an der Konkavseite wird bei gleicher biegender Kraft um so geringer sein, je gröfser der Elastizitätsmodul ist. Bei gleicher spezifischer Spannung werden sich die Kambiumzellen der unteren Stammteile an der Zugseite weniger verlängern, an der Druckseite sich weniger verkürzen als in den oberen Stammteilen. Wir kommen daher zu dem Resultate, dafs der stärkeren Verkürzung der Kambiumzellen durch die Biegung ein stärkeres Dickenwachstum entspricht, die Verkürzung der Kambiumzellen demnach als Reiz, der das Dickenwachstum anregt, wirkt. Das Minimum der Jahresringbreite (annähernd der Zellteilungsfrequenz gleich zu setzen) liegt zumeist in einer Stammhöhe von 1,3—3,4 m, wo das Holz relativ viel Spätholz aufweist, oberhalb dieses Minimums steigt die Jahresringbreite langsam entsprechend der allmählichen Zunahme der Biegungsfähigkeit, bis schliefslich in den obersten Teilen der Sprofsachsen wiederum eine Abnahme der Jahresringbreite eintritt. Diese Abnahme erklärt sich möglicherweise durch eine geringere Biegung, indem die feinen Sprofsenden schon durch die Biegungen der Tragachsen dem Winde gegenüber in eine Lage gebracht werden, wo letzterer sie weniger stark zu biegen vermag. Möglicherweise sind hier jedoch noch andere Faktoren beteiligt, welche wir nicht zu übersehen vermögen.

Eine besondere Berücksichtigung verdient noch die Steigerung des Flächenzuwachses und der Ringbreite, welche wir an dem Fufse der Stämme gefunden haben und die über das Mafs hinausgeht, welches durch die Form eines Trägers von gleichem Widerstande gegeben ist. Ich möchte diese Vergröfserung des Zuwachses durch den Widerstand erklären, den die Unterlage und der Ansatz der Wurzeln einer Ausbiegung entgegensetzt. Hierdurch ist lokal eine stärkere Zusammendrückung der Kambiumzellen bedingt, welche sodann ein stärkeres Wachstum zur Folge hat. An Stämmen, welche an der Basis nicht vollständig kreisrund sind, kann man direkt wahrnehmen, dafs gerade die über den Wurzeln liegenden Stammteile im Wachstum am stärksten gefördert sind. Der vom Stamm auf die Wurzeln ausgeübte Druck wird an der Oberseite der Wurzelbasis Kompressionen hervorbringen, wir sehen daher an dieser Wurzelbasis das Wachstum gefördert. Die Exzentrizität der basalen Wurzelteile ist immer eine derartige, dafs die breiteren Ringe auf der Oberseite liegen.

Bei dem stärkeren Dickenwachstum der Stammbasis mag aufserdem noch in Betracht kommen, dafs hier die Schwingungen des ganzen Sprofs-

systems zu einer Erhöhung des Druckes führen, während in den übrigen Schaftteilen nur die Biegungen als Reiz wirken, welchen die Sprofsachsen ausgesetzt sind.

Wird der Stamm bei dem Vorherrschen einer bestimmten Windrichtung oder bei Schiefstellung nach einer Seite stärker gebogen, so wird auch die Zusammendrückung der Kambiumzellen an dieser Seite beträchtlicher sein und demnach das Wachstum hier so lange gefördert werden, bis eine Gleichgewichtslage erreicht ist. Ebenso wird in verschiedener Stammhöhe das Wachstum dort am gröfsten sein, wo das Kambium eine über das Mafs der benachbarten Höhenschichten hinausgehende Zusammendrückung erfährt, und diese Steigerung wird ebenfalls so lange fortgehen, bis durch die Vergröfserung der Widerstand leistenden Fläche ein Ausgleich erreicht ist, da die Zusammendrückung der wachsenden Zellen der Fläche des Stammquerschnittes umgekehrt proportional ist.[1])

Auf demselben Wege wird eine lokal gesteigerte mechanische Beanspruchung ausgeglichen werden.

Zwischen den verschiedenen Teilen der Sprofsachsen müssen Beziehungen bestehen, die selbstregulierend das Wachstum beeinflussen und die Spannung gleich erhalten. Ändern sich bei Freistellung eines Baumes oder bei seinem Einwachsen in den Bestand oder durch Veränderungen der Kronenform die mechanischen Ansprüche, so machen sich diese Regulierungsvorgänge in derselben Weise geltend als bei der dauernden Erhaltung der Stammform in der Gestalt eines Trägers von gleichem Widerstande (vergl. hierzu die Angaben von Metzker S. 155).

Wir gelangen auf diesem Wege zu einer einheitlichen Auffassung, welche uns sowohl die Exzentrizität der Stämme und Äste, als die Verteilung des Wachstums in verschiedener Stammhöhe, sowie die bis ins Einzelne gehende Anpassung an die mechanische Beanspruchung erklärt. Auch wenn fernere Untersuchungen ergeben sollten, dafs die Vermittlung des Druckreizes in anderer Weise vor sich geht, als ich es hier zu erklären versuchte, so wird man doch immer auf die mechanische Beanspruchung als Ursache der Verteilung des Zuwachses zurückkommen müssen.

[1]) Bedeutet σ die spezifische Ausdehnung, P die spannende Kraft, F die Fläche, E den Elastizitätsmodul, so ist $\sigma = \frac{P}{FE}$, was natürlich auch für Zusammendrückung gilt.

Achtes Kapitel.

Verhältnis der Druckwirkung zu anderen das Dickenwachstum beeinflussenden Faktoren.

Am Schluſs des vorigen Kapitels habe ich bereits angeführt, daſs zur Erhaltung der Stammform als Träger gleichen Widerstandes regulierende Beziehungen zwischen den einzelnen Teilen des Stammes notwendig sind. Im vorliegenden Kapitel soll nun auf diese regulierende Wirkung des Druckes näher eingegangen werden, wobei wir auch die Frage zu erörtern haben werden, ob in allen Fällen die Regulation eine vollständige ist oder ob unter bestimmten Verhältnissen die Form eines Trägers von gleichem Widerstande nicht erreicht wird.

Gehen wir zunächst auf den **verschiedenen Beginn des Wachstums** in den einzelnen Stammhöhen ein. Wie schon S. 151 erwähnt, sieht R. Hartig in dem früheren Beginn des Wachstums eine der Ursachen für die verschiedene Verteilung des Zuwachses im Stamm.

Ob der frühere Beginn des Wachstums in der Krone, wie Hartig annimmt, ausschlieſslich nur durch die schnellere Erwärmung dieser Teile herbeigeführt wird, scheint mir fraglich zu sein. Ich sah nämlich auch an der im Gewächshaus erzogenen Kiefer 45 in den oberen Teilen der Sproſsachse das Wachstum früher auftreten, obwohl hier von einer verschiedenen Erwärmung kaum die Rede sein konnte. Nähere Untersuchungen über das Verhältnis zwischen Erwärmung und Beginn des Wachstums anzustellen lag jedoch nicht in meiner Absicht. Es kam mir vielmehr darauf an, zu zeigen, daſs eine durch andere Faktoren bewirkte Förderung des Dickenwachstums im weiteren Verlauf desselben wieder ausgeglichen werden kann und die Gröſse des Zuwachses in den verschiedenen Stammhöhen nicht von dem Beginn der Kambialthätigkeit abhängt.

In dem Bestande, welchem die Kiefern 33—37 (Tab. 79, 80) entnommen waren, muſsten die Temperaturdifferenzen zwischen der Erwärmung der oberen und unteren Teile ziemlich bedeutend sein, da der Bestand dicht war und deshalb weniger Wärmestrahlen den Fuſs der Bäume trafen und ferner durch die Zufuhr von Wasser aus dem kälteren Boden eine Abkühlung der basalen Teile eintreten konnte. Kiefer 38, dem gleichen Jagen angehörend, stand ziemlich frei, aber auch auf feuchtem Boden. Dieselbe war wesentlich älter als die übrigen Kiefern.

Tab. 79. **Kiefer 35,** 16,5 m hoch.

Scheibe	Höhe	Ringbreite			Flächenzuwachs		
		Mittel 1891—95	8. Juni 1896		Mittel 1891—95	8. Juni 1896	
	m	mm	mm	%	qcm	qcm	%
I	0,3	1,86	0,47	25	10,00	2,66	27
II	1,3	1,36	0,48	35	6,36	2,36	37
III	3,4	1,33	0,49	37	5,88	2,27	39
IV	5,5	1,34	—[1]	—	5,02	—	—
V	7,6	—	—	—	—	—	—
VI	9,7	1,94	0,88	45	5,44	2,76	51
VII	11,8	2,40	0,89	37	4,70	2,10	45
VIII	13,9	3,11	1,37	44	3,16	2,12	67

Kiefer 36, 15,5 m hoch.

Scheibe	Höhe	Mittel 1891—95 mm	8. Juni 1896 mm	%	Mittel 1891—95 qcm	8. Juni 1896 qcm	%
I	0,3	0,37	0,07	19	1,20	0,23	19
II	1,3	0,46	0,08	18	1,15	0,23	20
III	3,4	0,38	0,09	24	0,92	0,23	25
IV	5,4	0,42	0,11	26	0,94	0,26	28
V	7,6	—	—	—	—	—	—
VI	9,7	0,78	0,22	28	1,18	0,36	31
VII	11,8	2,08	0,54	26	2,09	0,73	35

Kiefer 38, 26 m hoch.

Scheibe	Höhe	Mittel 1891—95 mm	8. Juni 1896 mm	%	Mittel 1891—95 qcm	8. Juni 1896 qcm	%
I	0,3	0,46	0,11	24	4,95	1,08[2])	22
II	1,3	0,34	0,13	38	3,28	1,46[2])	45
III	5,5	0,35	0,24	69	3,14	2,26[2])	72
IV	13,9	0,46	0,35	76	3,61	2,78	77
V	19,9	0,51	0,35	69	2,80	1,97	70
VI	22,6	0,40	0,14	35	1,45	0,52	36

[1]) Jungholzzone an zwei Seiten abgerissen.

[2]) Kleine Fehler sind durch die Verwendung abgerundeter Werte für die Ringbreite zur Berechnung des Flächenzuwachses entstanden.

Tab. 80. **Kiefer 34,** 16,7 m hoch.

Scheibe	Höhe	Ringbreite			Flächenzuwachs		
		Mittel 1891—95	27. Juli 1896		Mittel 1891—95	27. Juli 1896	
	m	mm	mm	%	qcm	qcm	%
I	0,3	3,05	1,98	65	16,76	11,94	71
II	1,3	2,55	1,55	61	12,16	8,09	66
III	3.4	2,46	1,44	59	11,09	7,10	64
IV	5,5	2,51	1,51	60	10,58	7,02	66
V	7,6	2,74	1,62	59	10,67	7,09	67
VI	9,7	3,04	1,75	58	9,98	6,68	67
VII	11,8	3,87	2,65	68	8,37	7,56	90

Kiefer 33, 17,95 m hoch.

Scheibe	Höhe	Mittel 1891—95 mm	27. Juli 1896 mm	%	Mittel 1891—95 qcm	27. Juli 1896 qcm	%
I	0,3	2,98	1,82	61	22,08	14,28	65
II	1,3	2,51	1,88	75	17,04	13,77	81
III	3,4	2,39	1,53	64	14,60	10,13	69
IV	5,5	2,31	1,53	67	13,15	9,32	71
V	9,8	3,23	2,28	71	13,99	11,16	80

Kiefer 37, 11,7 m hoch.

Scheibe	Höhe	Mittel 1891—95 mm	27. Juli 1896 mm	%	Mittel 1891—95 qcm	27. Juli 1896 qcm	%
I	0,3	0,142	0,06	43	0,404	0,173	43
II	1,3	0,092	0,02	22	0,222	0,048	22
III	5,5	0,124	0	0	0,224	0	0
IV	8,5	0,364	0,04	11	0,390	0,045	11

Bei der Untersuchung der am 8. Juni 1896 gefällten Stämme zeigt sich deutlich ein Zurückbleiben des Wachstums in den untersten Scheiben (Tab. 79). Für Kiefer 35 beträgt die Ringbreite am 8. Juni bei 13,9 m Stammhöhe 1,37 mm, bei 0,3 m über dem Boden jedoch erst 0,47 mm. Im Vergleich zu der mittleren Jahresringbreite des vorausgehenden 5jährigen Abschnittes sind bei 13,9 m schon 44 %, bei 0,3 m Höhe erst 25 % gebildet. Charakteristischer ist der Vergleich der Scheiben VI und I derselben Kiefer. Diese haben in den Jahren 1891—95 eine nur wenig verschiedene Ringbreite, 1,94 resp. 1,86 mm, trotzdem betrug am 8. Juni 1896 die Ringbreite bei Scheibe VI schon 0,88, bei Scheibe I nur 0,47 mm, also beinahe nur die Hälfte. Blieb, was anzunehmen war, die Verteilung des Wachstums 1896 ungefähr dieselbe wie in den Vorjahren, so mufste demnach dieses Zurückbleiben des Zuwachses an der Stammbasis später ausgeglichen werden. Der Flächenzuwachs verhält sich analog der Jahresringbreite, nur erscheinen in den jüngeren Scheiben die Prozente für das Flächenwachstum im Jahre 1896 gröfser, weil bei so jungen Achsen (Scheibe VI war 8 Jahre alt) derselben Ringbreite ein geringeres Flächenwachstum entspricht und das Flächenwachstum in lebhafter Zunahme begriffen ist.

Kiefer 36 mit geringer Krone zeigt ebenfalls ein Zurückbleiben der unteren Scheiben, wenn die Differenzen hier auch geringer sind. Es mag dies auf den an sich etwas späteren Beginn des Wachstums zurückzuführen sein.

Bei Kiefer 38 war der Zuwachs am 8. Juni in dem Teil des Stammes, der sich unter der Krone befand, am weitesten vorgeschritten (Kronenansatz bei 20,1 m), innerhalb der Krone selbst (Scheibe VI) war die Ringbreite wesentlich weiter zurück, obgleich doch die Erwärmung hier eine Beschleunigung hätte herbeiführen sollen. Scheibe IV zeigt 1891—95 dieselbe Ringbreite wie Scheibe I, 1896 dagegen erreicht die Ringbreite an der oberen Scheibe schon $^3/_4$, in der unteren Scheibe erst $^1/_4$ der Ringbreite des vorausgehenden Abschnittes.

Tab. 81. **Kiefer 10,** 18,5 m hoch.

Scheibe	Höhe	Ringbreite			Flächenzuwachs		
		1895	8. Juni 1896		1895	8. Juni 1896	
	m	mm	mm	%	qcm	qcm	%
I	0,2	1,52	0,50	33	11,71	3,94	33
II	1,3	1,23	0,44	36	9,03	3,27	36
III	—	—	—	—	—	—	—
IV	10,3	1,34	0,54	40	6,11	2,49	41
V	13,3	1,90	0,77	41	5,94	2,47	42

Kiefer 11, 18,5 m hoch.

Scheibe	Höhe	Ringbreite 1895	8. Juni 1896	%	Flächenzuwachs 1895	8. Juni 1896	%
I	0,2	0,49	0,12	24	4,37	0,88[1])	20
II	1,3	0,31	0,16	52	2,27	1,14	51
III	5,5	0,36	0,18	50	2,22	1,27[1])	57
IV	9,7	0,79	0,36	46	4,32	1,98	46
V	13,9	1,20	0,67	56	3,75	2,13	57
VI	15,0	1,25	0,67	54	2,86	1,57	55

Zum Vergleich mit den auf nassem, kalten Boden gewachsenen Kiefern führe ich in Tabelle 81 noch zwei Stämme an, die auf trockenem, warmen Sandboden in einem lichten Bestande erwachsen waren. Die Kiefern 10 und 11 sind an demselben Tage wie die Kiefern 35, 36, 38 gefällt worden. Bei denselben konnte jedoch wegen des Nonnenfraſses im Jahre 1892, durch welchen Verschiebungen in der Verteilung des Wachstums eintraten, der Zeitraum von 1891—95 nicht zum Vergleich herangezogen werden, weshalb ich mich darauf beschränken muſste, den Zuwachs von 1896 in Prozenten des Zuwachses von 1895 auszudrücken. Die Differenzen im Wachstum sind hier geringer als bei den Stämmen auf feuchtem Boden, doch läſst sich namentlich an der untersten Scheibe I ebenfalls ein Zurückbleiben des Wachstums nachweisen.

Weiteres Material liefern uns vier Stämme auf sehr trockenem Boden, die am 6. Mai 1895 gefällt wurden (Tab. 82). Die Kiefern 2 und 4 (Jag. 248) einerseits, 8 und 9 (Jag. 213) andererseits standen in geringer Entfernung von einander. Sie waren denselben äuſseren Bedingungen aus-

[1]) Kleiner Fehler durch Abrundung der Ringbreite bei Berechnung der Fläche entstanden.

Tab. 82.

Scheibe	Höhe	Alter	Ringbreite			Scheibe	Höhe	Alter	Ringbreite		
			1894	6. Mai 1895					1894	6. Mai 1895	
	m	Jahre	mm	mm	%		m	Jahre	mm	mm	%
Kiefer 2, 14,6 m hoch.						**Kiefer 4**, 13,0 m hoch.					
I	0,2	65	1,23	0,05	4	I	0,2	66	0,68	0	0
II	1,3	—	1,16	0,10	8	II	1,3	—	0,30	0	0
III	3,4	—	0,96	0,07	7	III	3,4	—	0,41	0	0
IV	5,5	—	0,94	0,08	8	IV	5,5	—	0,29	0	0
V	7,6	—	1,11	0,11	10	V	7,6	—	0,21	0	0
VI	9,7	—	1,97	0,12	6	VI	9,7	—	0,30	0	0
VII	11,8	—	2,32	0,13	5	VII	10,8	17	0,33	0	0
VIII	12,9	14	1,62	0,11	6	VIII	12,1	9	0,69	0,05	7
IX	13,9	5	2,11	0,15	7	IX	12,6	5	0,61	0,05	8
X	14,2	3	0,85	0,13	15	X	12,8	3	0,48	0,04	8
XI	14,55	1	1,02	0,18	18	XI	12,95	1	0,63	0,10	10
Kiefer 8, 14,9 m hoch.						**Kiefer 9**, 13,1 m hoch.					
I	0,15	46	1,32	0,02	1	I	0,2	50	0,42	0	0
II	1,3	—	1,23	0,05	4	II	1,3	—	0,70	0,02	3
III	3,4	—	1,20	0,09	7	III	3,4	—	0,65	0,02	3
IV	5,5	—	1,27	0,10	8	IV	5,5	—	0,75	0,03	4
V	7,6	—	1,20	0,10	8	V	7,6	—	0,92	0,04	4
VI	9,7	—	2,08	0,12	5	VI	9,7	—	0,57	0,05	8
VII	11,8	—	1,52	0,11	7	VII	11,8	9	1,67	0,13	8
VIII	13,9	7	1,66	0,09	5	VIII	12,5	4	0,49	0,10	20
IX	14,5	4	1,60	0,18	11	IX	13,05	1	0,98	0,09	9
X	14,85	1	1,38	0,13	9						

gesetzt, 2 und 8 hatten jedoch eine bessere Krone, während 4 und 9 nur eine geringe Krone aufwiesen und etwas unterständig waren (vergl. ihre Höhe).

Die Ringbreite wurde nur an der Südseite gemessen und mit der Ringbreite derselben Seite des Vorjahres (1894) verglichen. Einzelne hier nicht angeführte Messungen an den übrigen Stammseiten bestätigten das an der Südseite erhaltene Resultat.

Das Wachstum beginnt in den untersten Stammteilen später als in den obersten Teilen. Auch für die unterständigen Bäume trifft dies zu, was uns besonders Stamm 4 beweist. Bei den mit geringerer Krone versehenen Stämmen dürfte der Beginn des Wachstums wenigstens in einzelnen Fällen etwas verzögert sein. (Vergl. Kiefer 2 und 4 auf Tab. 82.)

Gegenüber dem anfänglichen Zurückbleiben des Wachstums der unteren Stammteile findet später ein Ausgleich statt. Bei den Kiefern 33 und 34 (Tab. 80) ist derselbe schon vor dem 27. Juli eingetreten, ein Zurückbleiben der untersten Scheiben ist nicht mehr vorhanden. Wenn die oberste Scheibe (Kiefer 34 Scheibe VII) einen etwas größeren Zuwachs aufweist, so ist dies

nur durch die Zunahme begründet, welche wir bei jugendlichen Scheiben im Vergleich zu den vorausgehenden Jahren überall finden.

Bemerkenswert ist auch das Verhalten der unterdrückten Kiefer 37 (Tab. 80) aus demselben Bestande, bei welcher die Basis ein gröſseres Wachstum aufweist als die obere Stammpartie, während zugleich Scheibe III noch ohne Zuwachs ist.

Durch das Vorauseilen des Dickenwachstumes in den oberen Stammteilen wird die Form als Träger gleichen Widerstandes alteriert, und da am Schluſs des Jahres der Stamm die Form eines Trägers von gleichem Widerstande erhält, müssen wir annehmen, daſs die Wirkung mechanischer Faktoren jenen Ausgleich herbeiführt, durch welchen im Wachstum zurückgebliebene Teile später relativ stärker gefördert werden.

Die Möglichkeit, daſs durch lokale Erwärmung ein früherer Beginn der Wachstumsthätigkeit erreicht werden kann, soll nicht geleugnet werden, für die schlieſsliche Verteilung des Zuwachses kommen jedoch andere Faktoren in Betracht. Das sehen wir auch an der schon früher (vergl. S. 178) erwähnten Kiefer 18, bei welcher infolge des von Süden einwirkenden Winddruckes die Nordseite das stärkere Wachstum aufwies. Wäre die Einwirkung der Temperatur maſsgebend gewesen, so hätte doch die Südseite und nicht die Nordseite das stärkere Wachstum aufweisen müssen. Weitere Beispiele liefern die auf der Nordost- und Ostseite am stärksten in die Dicke gewachsenen Stämme. Aus den im sechsten Kapitel näher ausgeführten Thatsachen muſs daher ebenfalls der Schluſs gezogen werden, daſs der Druckreiz wirksamer ist als die durch frühere Erwärmung bedingte Förderung des Wachstums.

Im vierten Kapitel habe ich die Steigerung des Gesamtwachstums in einzelnen Jahren auf den früheren Beginn der Vegetationsperiode zurückgeführt, daraus folgt aber keineswegs, daſs die Verteilung des Zuwachses auf die verschiedenen Stammhöhen von dem Beginn der Kambialthätigkeit abhängig sei. Wollte man dies annehmen, so würde man in denselben logischen Fehler verfallen, der durch die Annahme gemacht wird, daſs diejenigen Teile am stärksten wachsen, denen zunächst die Nahrungstoffe zuflieſsen, weil ein besser ernährter Baum einen gröſseren Gesamtzuwachs aufweist als ein schlecht ernährter Baum.

Mit der Einwirkung der **Temperatur** bringt R. Hartig[1]) auch die Steigerung des Zuwachses an der Stammbasis in Verbindung (vergl. S. 152). Durch die niedere Bodentemperatur werde der Beginn der kambialen Thätigkeit in den Wurzeln um mehrere Monate hinausgeschoben und diese in den Nachsommer und Herbst verlegt. Da eine Verwendung der neuen Bildungsstoffe in den Wurzeln noch nicht oder bei der niederen Temperatur des Wurzelkambiums nur langsam erfolgen könne, so müsse eine um so kräftigere Ernährung der unmittelbar über dem Boden gelegenen, der

---

[1]) R. Hartig, Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume. 1885, S. 38.

Erwärmung sehr zugänglichen Kambialregion stattfinden, da die zugewanderten Bildungstoffe in die Wurzel nicht einzutreten vermögen.

Die Annahme, die Bildungsstoffe könnten nicht in die Wurzel einwandern, ist vollständig unbegründet, da die Wanderung von Stoffen vom Wachstum nicht abhängig ist, wie nicht mehr in die Dicke wachsende Rhizome und unterirdische Achsenorgane beweisen, die sich mit grofsen Mengen von Reservestoffen füllen, ohne dafs hierzu Wachstum notwendig wäre. Aufserdem sind aber die thatsächlichen Temperaturverhältnisse des Bodens von Hartig überhaupt nicht berücksichtigt. Wie bereits in Tab. 46 S. 116 angeführt wurde, beträgt die mittlere Bodentemperatur bei 0,6 m Tiefe in den Monaten Juni bis August 12,4 resp. 14,4 und 14,8° C., während dieselbe in den Monaten September bis Dezember 13,5 resp. 10,4, 6,7 und 3,9° C. beträgt. Analoge Verhältnisse finden wir im Boden bei 1,2 m Tiefe (Tab. 47). Wenn demnach Stoffwanderung bei den niedrigeren Temperaturen des Spätherbstes vor sich geht, warum soll dieselbe bei den höheren Temperaturen der Monate Juni bis August nicht stattfinden können? Es ist im Gegenteil viel wahrscheinlicher, dafs im Winter wachsende Wurzeln ihre Wachstumsthätigkeit auf Kosten von vorher zugewandertem Material unterhalten, da in den oberirdischen Sprofsachsen mit Eintritt der kalten Witterung chemische Umwandlungen der Reservestoffe beginnen, welche die Stoffwanderung sehr erschweren dürften.

Doch abgesehen von diesen schwer zu entscheidenden Verhältnissen kann eine Stauung von Nahrungsstoffen doch nur dann stattfinden, wenn die Stammteile, welche über der Basis liegen, mehr Nahrungsstoffe zugeführt erhalten, als sie beim Wachstum verarbeiten können. An schlecht ernährten und deshalb geringwüchsigen Stämmen müfste demnach die Vermehrung des Zuwachses an der Stammbasis ganz unterbleiben, was nicht zutrifft. Wie an Stämmen, die wegen zu geringer Ernährung in einiger Entfernung über der Basis ein sehr geringes oder vielleicht gar kein Wachstum aufweisen, eine Stauung von Nahrungsstoffen an der Stammbasis zu stande kommen soll, ist ganz unerklärlich. Ich verweise speziell auf Kiefer 37, Tab. 80, wo bei 5,5 m Höhe am 27. Juli noch kein Wachstum erfolgt war, während an der Basis schon 43 % der Jahresringbreite des vorausgehenden Abschnittes gebildet waren. Wäre die Zufuhr von Nahrungsstoffen mafsgebend gewesen, so hätten diese bei ihrem Abwärtswandern in der Rinde doch zunächst in den höheren Schichten Verwendung finden müssen.

Die Beziehungen, welche zwischen **Dickenwachstum und Nahrungsstoffzufuhr** bestehen, habe ich bereits S. 156—158, sowie S. 190 berührt. Im folgenden möchte ich nun untersuchen, ob die bestehende Verteilung des Flächenzuwachses uns Veranlassung geben kann, eine Einwirkung der Nahrungsstoffzufuhr auf die Verteilung des Wachstums anzunehmen. Die Gröfse des Flächenzuwachses giebt uns ein annäherndes Bild von der Menge der an einem Querschnitt zur Holzbildung verbrauchten Nahrungs-

stoffe, wäre demnach die Nahrungsstoffzufuhr für die Gröſse des Zuwachses allein maſsgebend, so müſste der Flächenzuwachs zugleich ein Maſs für die einem Querschnitt zugewanderten Nahrungsstoffe sein.

Die Ernährungshypothese konsequent durchgeführt, würde verlangen, daſs innerhalb der Krone der Flächenzuwachs des Stammes mit der Zahl und Gröſse der angesetzten Äste von oben nach unten zunimmt; unmittelbar unterhalb des Kronenansatzes müſste das stärkste Wachstum stattfinden, da hier mit Ausnahme der schon in der Krone verbrauchten Nahrungsstoffe alle Assimilate vorbeiströmen. Entsprechend dem Verbrauch beim Wachstum gelangen in den unteren Stammteil weniger Nahrungsstoffe, das Wachstum müſste hier abnehmen. In allen Fällen würde sich der Ansatz der Krone, resp. der Übergang vom beasteten zum unbeasteten Schafte im Wachstum markieren.

Wir gehen bei unseren Betrachtungen von jenen Stämmen aus, für welche nachgewiesen wurde (vergl. S. 186 ff.), daſs sie bei ihrem Dickenwachstum die Form eines Trägers von gleichem Widerstande beibehalten. In Tab. 83 finden wir die Verteilung von Flächenzuwachs und Ringbreite für die auch in den Tabellen 66—73 angegebenen einzelnen Perioden.

Bei Kiefer 3 finden wir in der Periode 1885—94 zwei Maxima des Flächenzuwachses; das erste Maximum liegt an der Stammbasis (Scheibe I), das zweite in 10,8 m Höhe (Scheibe VII) unmittelbar unterhalb des Kronenansatzes. Zwischen beiden liegt ein Minimum bei Scheibe V, und ebenso wird das Flächenwachstum nach der Spitze hin vermindert. Es handelt sich bei Kiefer 3 um einen vollholzigen Stamm mit sehr hoch angesetzter Krone. Wenn für solche Stämme angegeben wird, daſs der Flächenzuwachs unterhalb der Krone am gröſsten sei und von da nach abwärts stetig abnehme, so ist dies, wie Kiefer 3 beweist, nicht allgemein richtig, da der Flächenzuwachs hier innerhalb der Krone zwar zuerst fällt, sodann jedoch von 7,6 m Höhe bis zur Stammbasis eine konstante Zunahme aufweist.

Im Jahre 1894 war der Schaft von der Basis bis zu 11 m Höhe astfrei, eine vermehrte Zuleitung von Assimilaten durch Seitenäste auf dieser Strecke ist ausgeschlossen, es kann demnach auch die Zunahme des Flächenwachstums nicht auf die Zufuhr von organischen Nahrungsstoffen zurückgeführt werden. Ebensowenig kann es sich um eine Stauung der Bildungsstoffe bei dem Übergange zur Wurzel handeln, denn eine solche Stauung würde sich nicht bis zu einer Höhe von 5,5 m geltend machen, sondern nur eine lokale Vermehrung des Wachstums unmittelbar an der Stammbasis zur Folge haben, ebenso wie über einer Ringelungsstelle nur die angrenzenden Teile ein erhöhtes Wachstum aufweisen. Auſserdem ist der Zuwachs im ganzen relativ gering, so daſs der Verbrauch der Nahrungsstoffe an den relativ schlecht ernährten oberen Stammteilen viel näher liegen würde, als eine Stauung in den unteren Stammteilen.

Die Periode 1875—84 bildet einen Übergang zu jener Verteilung des Flächenzuwachses, bei welcher die Gröſse des Flächenzuwachses von der

Jährl. Flächenzuwachs (qcm) und Ringbreite (mm).[1]

Tab. 83.

Kiefer 3

Scheibe	Höhe m	Flächenzuwachs 75/84	Flächenzuwachs 85/94	Ringbreite 75/84	Ringbreite 85/94
I	0,2	3,78	3,90	0,98	0,88
II	1,3	3,21	3,38	0,89	0,82
III	3,4	2,82	2,92	0,86	0,77
IV	5,5	2,87	2,77	0,99	0,80
V	7,6	2,91	2,58	1,22	0,85
VI	9,7	2,78	3,10	1,88	1,26
VII	10,8	1,57	3,39	1,93	1,73
VIII	11,9	0,79[2]	2,79	2,08[2]	2,06
IX	13,0	—	1,09	—	1.70

Kiefer 23

Scheibe	Höhe m	Flächenzuwachs 91/95	Ringbreite 91/95
I	0,15	15,48	3,13
II	1,3	9,92	2,52
III	3,4	8,78	2,57
IV	5,5	10,16	3,79
V	7,6	6,26	4,19

Kiefer 34

Scheibe	Höhe m	Flächenzuwachs 81/85	Flächenzuwachs 86/90	Flächenzuwachs 91/95	Ringbreite 81/85	Ringbreite 86/90	Ringbreite 91/95
I	0,3	7,41	12,95	16,76	1,94	2,84	3,05
II	1,3	6,20	10,04	12,16	1,89	2,53	2,55
III	3,4	6,43	9,47	11,09	2,16	2,55	2,46
IV	5,5	7,11	10,11	10,58	2,96	3,02	2,51
V	7,6	6,53	11,27	10,67	4,18	3,96	2,74
VI	9,7	2,89[3]	10,23	9,98	4,39[3]	5,10	3,04
VII	11,8	—	3,84	8,37	—	4,40	3,87

Kiefer 32

Scheibe	Höhe m	Flächenzuwachs 85/94	Ringbreite 85/94
I	0,3	14,93	1,14
II	1,4	10,33	0,96
III	5,5	8,22	0,83
IV	9,6	7,58	0,85
V	13,7	6,80	0,84
VI	17,8	5,90	0,82
VII	19,9	6,30	0,92
VIII	22,0	5,13	0,89
IX	24,1	4,57	1,10
X	26,2	4,32	1,44
XI	27,3	2,61	1,43
XII	28,4	1,19	1,35
XIII	29,2	0,43[4]	1,25[4]

[1]) Der Kronenansatz bei der Fällung ist durch einen Querstrich zwischen den betreffenden Scheiben angedeutet.

[2]) Mittel aus 5 Jahren.

[3]) Mittel aus 4 Jahren.

[4]) Mittel aus 8 Jahren.

Basis nach der Spitze konstant sinkt, indem hier die in den Jahren 1885 bis 1894 deutlich ausgeprägte Steigerung des Zuwachses unterhalb der Krone nur angedeutet ist (Scheibe IV und V). Wir finden demnach in beiden Perioden eine verschiedene Wachstumsverteilung, obgleich die Gröfse des Flächenwachstums und demnach auch die Ernährung nicht wesentlich verschieden ist.

Die Maxima und Minima der Ringbreite stimmen mit der Lage der betreffenden Werte für den Flächenzuwachs nicht überein. Die Veränderungen der Ringbreite bieten aber ebensowenig einen Anhaltspunkt für die Einwirkung der Nahrungsstoffzufuhr auf die Verteilung des Zuwachses. In beiden Perioden liegt das Minimum der Ringbreite nicht an der Stammbasis, sondern bei 3,4 m Höhe (Scheibe III); also auch hier zuerst eine Abnahme und sodann eine Zunahme in dem astfreien Schafte. Das obere Maximum der Ringbreite liegt über dem Kronenansatze und nicht, wie es die Hypothese von dem Einflufs der Nahrungsstoffzufuhr verlangen würde, unmittelbar unterhalb des Kronenansatzes.

Bei Kiefer 3 beträgt im Jahre 1894 die mittlere Radiusdifferenz pro Meter Stammhöhe zwischen den Scheiben I und VIII 3,7 mm, bei Kiefer 23 dagegen im Jahre 1895 zwischen Scheibe I und V 7,2 mm. Kiefer 23 ist demnach wesentlich abholziger. Trotz dieser Differenz und trotz des wesentlich stärkeren Wachstumes finden wir bei Kiefer 23 in der Periode 1891 bis 1895 dieselbe Verteilung des Zuwachses als bei Kiefer 3.

Bei Kiefer 34 verhält sich der Flächenzuwachs in den Jahren 1881 bis 1885 und 1886—1890 ebenso wie bei Kiefer 3, indem hier ebenfalls zwei Maxima und 2 Minima zu finden sind. In der Periode 1891—1895 tritt das zweite Maximum bei Scheibe V kaum mehr hervor, so dafs abgesehen von der geringen Steigerung bei dieser Scheibe der Flächenzuwachs von der Spitze nach der Basis konstant steigt. Der Flächenzuwachs der Scheibe V ist in der Periode 1886—90 gröfser als in der Periode 1891 bis 1895. Nach der Ernährungshypothese müfsten demnach der Scheibe V in der Periode 1886—1890 mehr Stoffe zugewandert sein, daraus würde weiter folgen, dafs auch die unteren Scheiben mehr Nahrungsstoffe erhielten, weshalb das Wachstum hier stärker sein müfste. In Wirklichkeit ist aber das Wachstum der unteren Scheiben in den Jahren 1886—90 wesentlich kleiner, es liegt demnach auch hier eine Erscheinung vor, welche gegen die Ernährungshypothese spricht.

Wesentlich anders verhält sich die Verteilung des Zuwachses bei Kiefer 32. Der Flächenzuwachs nimmt hier konstant von der Basis nach der Spitze ab, nur die Scheibe VII macht eine Ausnahme, welche durch den Druck eines Astes unmittelbar über dieser Scheibe zu erklären ist. Der Stamm war bis zur Höhe von 20 m vollständig astfrei, eine Vermehrung der Nahrungsstoffzufuhr durch einmündende Äste ist demnach auf dieser Strecke ausgeschlossen und trotzdem die Vermehrung des Flächenzuwachses bis zur Basis. Eine konstante Zunahme des Zuwachses von der Spitze zur Basis ist daher auch möglich, ohne dafs die Beastung weit herabreicht und

durch vermehrte Nahrungsstoffzufuhr die Steigerung des Zuwachs in den unteren Stammteilen bedingt. Eine befriedigende Erklärung dieser Thatsache ist durch die Ernährungshypothese nicht möglich, denn auch eine Stauung von Nahrungsstoffen bis zur Höhe von 17,8 m läſst sich nicht annehmen.

Verhältnisse, wie wir sie bei Kiefer 32 finden, mögen Hartig veranlaſst haben, zur Erklärung den verschiedenen Beginn des Wachstums heranzuziehen, doch auch diese Hypothese ist, wie wir am Anfang dieses Kapitels gesehen haben, nicht haltbar.

Wie die Kiefern 3, 23, 34 und 32 zeigen kann bei der Erhaltung der Gestalt eines Schaftes in der Form eines Trägers von gleichem Widerstande die Verteilung des Flächenzuwachses auf die einzelnen Stammhöhen in verschiedener Weise vor sich gehen. Dies ist erklärlich, wenn wir annehmen, daſs die Nahrungszufuhr durch die Wachstumsvorgänge reguliert und die relative Wachstumsenergie in den einzelnen Stammhöhen durch die Gröſse des mechanischen Reizes bestimmt wird.

Zur weiteren Untersuchung dieser Verhältnisse mögen noch die in die Tabellen 84 und 85 aufgenommenen Kiefern dienen. Der Ansatz der Krone am Ende der betreffenden fünfjährigen Zuwachsperioden ist auch in diesen Tabellen durch einen Querstrich angedeutet.

Die in Tabelle 84 aufgenommenen Kiefern sind mit Ausnahme von Nr. 36 auf sehr trockenem geringen Boden erwachsen. Kiefer 36 stand auf sehr feuchtem humusreichen Boden. Die Kiefern dieser Tabelle unterscheiden sich durch die Gröſse der Krone und ebenso durch die Gröſse des Gesamtzuwachses sehr wesentlich.

Wir finden bei allen Kiefern in der Höhe von 0,2 m über dem Boden ein Maximum des Flächenzuwachses. Mit Ausnahme der Kiefern 36 und 5, deren Wachstum wegen ihrer sehr schwachen Krone und ihrer mehr oder weniger unterdrückten Stellung auſserordentlich gering ist, finden wir das Flächenwachstum an der Stammbasis auch absolut am gröſsten. Da das basale Maximum sowohl bei ausgiebiger als bei schwacher Ernährung erscheint, muſs das Auftreten desselben von der Nahrungsstoffzufuhr unabhängig sein. Namentlich sind in dieser Beziehung die Kiefern mit geringem Zuwachs in den oberen Stammteilen bemerkenswert, weil an diesen von einem Anstauen der Nahrungsstoffe an der Stammbasis nicht die Rede sein kann, so lange der Zuwachs in den oberen Stammteilen so gering ist.

Der Hinweis Hartigs[1]) auf die basalen Stammverdickungen älterer Fichten, deren in die Tiefe gehenden Wurzeln an Fäulnis zu Grunde gegangen sind, ist ohne jede Beweiskraft, da in verfaulte Wurzeln natürlich keine Bildungsstoffe wandern können. Man darf daher von einem solch pathologischen Zustand nicht auf den normalen Zustand schlieſsen, wo eine Unterbrechung der Leitungsbahnen nicht vorhanden ist.

Verfolgen wir den Zuwachs der Kiefern auf Tab. 84 in der Richtung

[1]) R. Hartig, Lehrbuch der Anatomie etc. 1891, S. 274.

Mittlerer jährlicher Flächenzuwachs von 1890—1894 (qcm).
Tab. 84.

Scheibe	Höhe m	Stammnummer 1	6	2	8	9	36[1])	4	5
I	0,2	14,24	8,03	5,74	5,53	2,87	1,34	2,96	0,45
II	1,3	10,71	5,98	4,35	3,89	2,75	1,22	1,95	0,30
III	3,4	7,85	5,25	4,23	3,35	2,12	0,98	1,36	0,17
IV	5,5	8,38	5,56	4,80	3,20	1,79	1,00	1,05	0,22
V	7,6	8,50	6,10	4,90	3,44	1,74	—	0,80	0,52
VI	9,7	7,00	6,63	5,35	4,47	1,76	1,43	1,14	—
VII	11,8	3,17	3,65	3,72	2,88	0,92	2,05	0,97[2])	—
VIII	12,9	1,22	—	—	—	—	—	—	—
Stammhöhe		14,3	14,2	14,6	14,9	13,1	15,5	13,0	9,8

Tab. 85. Mittlerer jährlicher Flächenzuwachs (qcm).

Scheibe	Stammnummer 33		28		44		13		37		38		29		25	
	Höhe	91/95	Höhe	91/95	Höhe	92/96	Höhe	90/94	Höhe	91/95	Höhe	91/95	Höhe	91/95	Höhe	85/94
I	0,3	22,08	0,3	8,83	0,1	6,38	0,3	—	0,3	0,40	0,3	4.95	0,2	48,10	0,3	18,38
II	1,3	17,04	1,65	7,43	1,4	4,79	1,4	4,13	1.3	0,22	1,3	3,28	1,3	33,38	1,3	16,61
III	3,4	16,60	5,85	6,71	2,1	6,31	5,5	3,68	5,5	0,22	5,5	3,14	3,4	31,28	10,3	11,68
IV	5,5	13,15	10,05	4,85	4,1	5,33	9,6	3,08	8,5	0,29	13,9	3,61	7,6	16,14	16,5	11,25
V	9,8	13,99	14,35	4,95	—	—	13,7	3,26	9,6	—	19,9	2,80	10,5	4,82	21,75	7,23
VI	14,0	2,06	18,45	6,08	—	—	15,8	3,60	—	—	22,6	1,45	—	—	—	—
VII	—	—	20,65	3,95	—	—	17,9	4,97	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII	—	—	—	—	—	—	20,0	1,90	—	—	—	—	—	—	—	—
Stammhöhe	17,95	—	25,5	—	7,0	—	21,7	—	11,7	—	26,0	—	13,5	—	29,0	—

von der Stammbasis zur Spitze, so finden wir mit Ausnahme von Kiefer 9 zunächst einen Abfall und sodann ein Wiederansteigen des Flächenzuwachses. An der Stammspitze muſs natürlich überall entsprechend der Jugend der Stammteile wieder eine Verminderung des Flächenzuwachses eintreten. Das zweite Maximum liegt jedoch nicht immer unterhalb des Kronenansatzes, wie die Kiefern 1, 6, 2, 36 beweisen. Der Kronenansatz und die Lage des zweiten Maximums fallen demnach nicht immer zusammen und trotz der durch die untersten Äste vermehrten Zufuhr von Nahrungsstoffen kann im Vergleich zu einem höheren Querschnitt innerhalb der Krone nach abwärts eine Abnahme des Flächenwachstums eintreten.

Weitere Belege für das Gesagte bietet Tabelle 85, indem auch bei den Kiefern 33, 28, 44, 13 und 37 das obere Maximum über dem Kronen-

[1]) Mittel aus 6 Jahren, 1890—95
[2]) Höhe der Scheibe 10,8 m.

ansatz liegt. Die Kiefern 6 (Tab. 84), 44 und 13 (Tab. 85) zeigen eine Abnahme des Flächenwachstums am Schafte von der Kronenmitte nach der Kronenbasis. Hartig[1]) ist demnach nicht berechtigt als »Gesetz« aufzustellen, daſs innerhalb der Baumkrone die Gröſse des Zuwachses von der Spitze zur Basis wächst, weil mit jedem neuen beblätterten Zweige dem Hauptstamm neue Bildungsstoffe zugeführt würden.

Auch bei Kiefer 38 (Tab. 85) ist die Lage des oberen Maximums von dem Ansatz der Krone unabhängig; der Beginn der Krone liegt hier bei 20,1 m Höhe, die Scheibe unterhalb der Krone bei 19,9 m zeigt ein geringeres Flächenwachstum als die Scheibe bei 13,9 m. Im astfreien Schafte findet sich daher unterhalb der Krone zuerst ein Ansteigen, dann eine Abnahme und schlieſslich ein Wiederansteigen des Flächenzuwachses, welche Schwankungen unmöglich auf verschiedene Nahrungsstoffzuleitung zurückgeführt werden können.

R. Hartig nimmt bezüglich der Wachstumsverteilung einen Gegensatz an zwischen den im geschlossenen Bestande wachsenden, beim Kampfe mit den kräftigeren Nachbarstämmen mehr oder weniger unterdrückten Bäumen und den mehr freistehenden Bäumen mit kräftig entwickelter Krone; er führt den Unterschied hauptsächlich auf den Einfluſs verschiedener Ernährung in Folge der ungleichen Kronenentwicklung zurück. Derartige Unterschiede ergeben sich, wie Metzger gezeigt hat, aus der verschiedenen mechanischen Beanspruchung, die Ernährung spielt hierbei jedoch keine Rolle. Dies zeigt uns ein Vergleich der Kiefern 29, 25 (Tab. 85), 32 (Tab. 83) und 9 (Tab. 84), bei welchen der Zuwachs konstant von der Spitze zur Basis zunimmt, obgleich die Gröſse der Krone und somit der Gesamtzuwachs an diesen Kiefern sehr verschieden ist. Der jährliche Flächenzuwachs beträgt bei denselben in Brusthöhe (1,3—1,4 m über dem Boden) 33,38, 16,61, 10,33 und 2,75 qcm. Wir haben demnach jenen Typus der Wachstumsverteilung, welchen Hartig für freistehende und herrschende Bestandskiefern mit voller Krone angiebt, auch bei Kiefer 9, trotz ihrer geringen Krone. Diese Art der Wachstumsverteilung ist demnach nicht an das Vorhandensein eines Nahrungsstoffüberschusses, wie ihn eine umfangreiche Krone bieten könnte, gebunden, es ist vielmehr die freiere Stellung der Kiefer 9 im Bestande, welche vermöge der mechanischen Reizung den Ausschlag gab.

R. Hartig behauptet ferner, daſs Bäume, welche im geschlossenen Bestande mehr oder weniger unterdrückt worden sind und nur eine schwache Krone besitzen, einen Zuwachs zeigen, der im oberen an die Krone stoſsenden Teile des Schaftes am gröſsten ist, von da nach abwärts sich stetig verringert und in Fällen sehr starker Unterdrückung oder Ausästung überhaupt nicht mehr bis zum Fuſse des Stammes sich erstreckt. Es sollen eventuell alle Bildungsstoffe unterwegs verbraucht werden, so daſs der untere Stammteil gar keinen Jahresring bildet.

[1]) R. Hartig, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen 1891, S. 271.

Die Kiefern 36, 4, 5 (Tab. 84) sind derartig unterdrückte Stämme mit geringer Krone, und wenn auch eine Abnahme des Flächenzuwachses unterhalb der Krone eintritt, so hat Hartig doch übersehen, dafs diese Abnahme nicht bis zur Basis des Stammes andauert. Nachdem das in verschiedener Höhe gelegene Minimum überschritten ist, findet vielmehr eine nach der Basis hin sich steigernde Vermehrung des Flächenwachstums statt. Diese basale Zunahme auf die Ernährung durch andere Stämme mittelst Wurzelverwachsung zurückzuführen, ist unzulässig. Das Minimum kann in der oberen Hälfte des Stammes liegen (Kiefer 4), was eine Ernährung vermittelst Wurzelverwachsung sehr unwahrscheinlich macht.

Besonders aber ist darauf zu verweisen, dafs alle Stämme eines Bestandes, gleichgültig ob gut oder schlecht ernährt, an der Basis ein vermehrtes Wachstum zeigen. Die diesem Satze widersprechenden Angaben sind ungenau, weil die Stämme in diesen Fällen nicht tief genug untersucht worden sind. Eine Überführung der Nahrungsstoffe von den gutgenährten Stämmen durch die Wurzeln zu den schlechtgenährten müfste der Wachstumszunahme an der Basis des ersteren entgegenwirken, was nicht der Fall ist. Wenn bei Pflanzen, deren Wurzeln reichlich Verwachsungen aufweisen, wie z. B. bei Fichten, Hartigs Annahme eine scheinbare Berechtigung hat, so fällt dies bei der Kiefer fort, da hier Wurzelverwachsungen seltener sind und zumeist nur Wurzeln derselben Pflanze mit einander verwachsen. Bei dem grofsen Sturm im Jahre 1894, wo viele Kiefern entwurzelt waren, hatte ich reichlich Gelegenheit, mich von der Geringfügigkeit der Wurzelverwachsungen zu überzeugen.

Von wesentlichem Interesse sind Stämme mit so geringem Wachstum, dafs einzelne Jahresringe in einem Teil des Stammes ganz fehlen, wie z. B. bei Kiefer 5. Das Jahr 1889 zeigt entsprechend den ungünstigen Witterungsverhältnissen (vergl. Kap. 4) durchwegs ein geringeres Wachstum. Bei dem ohnehin schwachen Wachstum der Kiefer 5 fehlten die Jahresringe an dieser zum Teil vollständig, jedoch nicht an der Basis des Stammes, sondern in mittlerer Höhe. Das Fehlen der Ringe konnte mit Sicherheit festgestellt werden, da die Jahre 1876 und 1877 durch die Wirkungen eines Insektenfrafses scharf charakterisiert waren und in den untersten und der obersten Scheibe die Jahresringe vollzählig waren.

Tab. 86. Flächenwachstum der Kiefer 5 (qcm).

Scheibe	Höhe	Jahre				
		1887	88	89	90	91
I	0,2	0,60	0,48	0,51	0,39	0,73
II	1,3	0,45	0,15	0,03	0,41	0,55
III	3,4	0,55	0,29	0	0,24	0,37
IV	5,5	0,56	0,29	0	0,22	0,42
V	7,6	0,92	0,71	0,41	0,75	0,94

Die in der Rinde nach abwärts wandernden plastischen Stoffe mufsten selbstverständlich auch an den Scheiben III und IV vorbeiwandern, ein Wachstum fand hier jedoch nicht statt, wohl aber an der Basis des Stammes, wo die Wachstumenergie der Kambiumzellen und daher auch die Anziehungskraft für Nahrungsstoffe eine gröfsere war. Das Jahr 1889 verhält sich ganz wie die vorhergehenden Jahre, in denen die oberste und unterste Scheibe den stärksten Zuwachs aufweisen, bei der Verminderung des ganzen Wachstums unterbleibt daher die Bildung eines Jahresringes zuerst an jenen Teilen, wo auch sonst das Wachstum ein geringeres ist.

Ebenso kann nach Insektenfrafs oder bei Unterdrückung des Baumes die Ringbildung in mittlerer Höhe aussetzen, während an der Stammbasis die volle Ringzahl vorhanden ist (vergl. hierzu Kiefer 6, Tab. 94, und Kiefer 15 (Tab. 99).

Dieselben Verhältnisse, wie in verschiedenen Höhen, haben wir auch an den einzelnen Scheiben, sobald dieselben exzentrisch gewachsen sind. Bei starker Verminderung des Zuwachses fällt der Jahresring an jener Seite zuerst aus, an welcher schon vorher das geringste Wachstum vorhanden war.

Tab. 87. **Kiefer 31,** Jahresringbreiten (mm).

Scheibe	Richtung	Jahre												Summe 1884/95	Zahl der Ringe
		1884	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95		
I (0,2 m hoch)	Nord	0,46	0,29	0,21	0,11	0,18	0,21	0,26	0,21	0,19	0,11	0	0,34	2,57	11
	Ost	0,24	0,16	0,11	0,24	0,05	0	0,14	0,16	0	0	0	0	1,10	7
	Süd	0,34	0,32	0,27	0,27	0,29	0,19	0,29	0,40	0,42	0,19	0	0,16	3,14	11
	West	0,40	0,30	0,40	0,32	0,45	0,29	0,56	0,21	0,30	0,11	0	0,13	3,47	11
II (1,3 m hoch)	Nord	0,13	0	0,24	0,21	0,16	0	0,19	0,16	0,10	0	0	0,21	1,40	9
	Ost	0,10	0	0,08	0	0	0	0,11	0	0	0	0	0,16	0,45	4
	Süd	0,37	0,26	0,34	0,19	0,24	0,18	0,35	0,21	0,14	0	0	0,34	2,62	10
	West	0,27	0,11	0,08	0,11	0,21	0,08	0,19	0,16	0,16	0	0	0,14	1,51	10
III (10,8 m hoch)	Nord	0,21	0,18	0,16	0,18	0,13	0	0,14	0	0,10	0	0	0,06	1,16	8
	Ost	0,40	0,32	0,38	0,38	0,53	0,27	0,45	0,34	0,22	0,08	0	0,10	3,47	11
	Süd	0,26	0,37	0,48	0,30	0,34	0,24	0,35	0,18	0,22	0,16	0,06	0,11	3,07	12
	West	0,26	0,26	0,21	0,18	0,21	0,13	0,34	0,16	0,24	0,13	0	0,13	2,25	11
V (20,0 m hoch)	Nord	0,32	0,34	0,37	0,22	0,24	0,14	0,34	0,27	0,32	0,14	0,14	0,14	2,98	12
	Ost	0,50	0,59	0,61	0,45	0,48	0,30	0,54	0,24	0,37	0,26	0,27	0,42	5,03	12
	Süd	0,69	0,48	0,43	0,37	0,37	0,29	0,59	0,34	0,35	0,27	0,10	0,13	4,41	12
	West	0,66	0,61	0,48	0,37	0,35	0,29	0,43	0,16	0,14	0,11	0	0,11	3,71	11

Bei dem geringen Wachstum, welches die circa 98 Jahre alte Kiefer 31 (Tab. 87) in der letzten Periode aufwies, begehen wir keinen zu grofsen Fehler, wenn wir an Stelle des Flächenwachstums die Jahresringbreite setzen. Bei Scheibe V sind die Jahresringe bis auf eine Ausnahme, (1894

Westrichtung) vollständig. Den gröfsten Ausfall an Ringen weist nun aber nicht die unterste Scheibe I, sondern Scheibe II in 1,3 m Baumhöhe auf. An den einzelnen Scheiben verhalten sich nicht alle Richtungen gleich, der Ausfall an Ringen ist vielmehr dort am gröfsten, wo an sich der geringste Zuwachs stattfand. An den Scheiben I und II ist es die Ostrichtung, welche auch in den Jahren mit vollständigen Ringen die schmalste Ringbreite aufwies, der Ausfall an Ringen ist dementsprechend an dieser Seite am gröfsten.

Das exzentrische Wachstum wird, wie wir im Kapitel 6 gesehen haben, nicht durch die Gröfse der Nahrungsstoffzufuhr, sondern durch Zug- und Druckwirkung hervorgerufen, wobei immer das Wachstum der Druckseite gefördert wird. Bei relativem Mangel an Nahrungsstoffen werden dieselben daher in erster Linie an der Druckseite verwendet und es könnte der Fall eintreten, dafs an der Zugseite nicht mehr so viel Nahrungsstoffe zu Gebote stehen, als zur Anlegung eines Jahresringes notwendig sind. Das Wachstum kann aber auch an der Zugseite zeitweise unterbleiben, obgleich Nahrungsstoffe in reichlicher Menge vorhanden sind.

Der Druckreiz wirkt eben regulierend auf die Verteilung des Zuwachses, indem die Wachstumsenergie dem stärkeren Drucke entsprechend gesteigert wird. Indem der Stoffverbrauch beim Wachstum in die Leitung der Nahrungsstoffe eingreift, wird auch indirekt die Wanderung der Nahrungsstoffe von dem Druckreize beeinflufst.

Da die Wachstumsenergie von verschiedenen Faktoren abhängt, kann auch in jenen Teilen des Wurzelsystems, wo Neubildung von Seitenorganen stattfindet, die Wachstumsenergie und die Anziehung für Nahrungsstoffe eine beträchtliche sein. Es können demnach auch an solchen Stämmen, bei denen die Jahresringe im Stamme teilweise aussetzen, die für die Neubildung von Seitenorganen notwendigen Nahrungsstoffe in die Wurzel gelangen. Nach der Ernährungshypothese müfsten solche Stämme entweder bald durch Verhungern des Wurzelsystems zu Grunde gehen oder sie könnten sich nur vermittelst Ernährung durch Wurzelverwachsungen am Leben erhalten.

Das von Pfeffer ausgesprochene Prinzip, nach welchem die Stoffwanderung allgemein durch das Bedürfnis, durch den Verbrauch und die Anhäufung reguliert wird (vergl. S. 156) gilt nicht nur für die in den Blättern erzeugten organischen Nahrungsstoffe, sondern auch für die Aschenbestandteile und Stickstoffverbindungen, welche als Rohstoffe den Pflanzen durch die Wurzeln zugeführt werden. Dem gegenüber hielt Hartig[1]) für möglich, dafs durch die Zufuhr dieser Stoffe eine lokale Wachstumssteigerung bewirkt werde. Die von den Wurzeln aufgenommenen mineralischen Nährstoffe und Stickstoffverbindungen sollen wenigstens zum Teil schon im Wurzelstock einen günstigen Einflufs auf den Zuwachs ausüben, indem

[1]) R. Hartig, Lehrbuch der Anatomie etc. 1891, S. 231, 271 und 274.

sie hier einen Teil der aus der Baumkrone zugeführten Kohlenhydrate in Eiweifsstoffe umwandeln, und dadurch die kambiale Thätigkeit fördern.

Diese Hypothese Hartigs beruht auf Annahmen, die doch erst zu beweisen wären. In welchem Umfange die Bildung von Proteïnstoffen in den Blättern und in dem Siebteil der Gefäfsbündel stattfindet, ist keineswegs sichergestellt. Aber selbst bei der Annahme, die Synthese der Proteïnstoffe erfolge im Siebteil, würde hieraus noch keineswegs der Schlufs zu ziehen sein, dafs der Ort der Entstehung der Proteïnstoffe auch zugleich der Ort des Verbrauchs sei und das Wachstum gerade an dieser Stelle gesteigert werden müsse. Die Produktion kann sich nach dem Verbrauch beim Wachstum richten, aber nicht umgekehrt.

Hartig verweist zur Unterstützung seiner Hypothese auf die Anschwellung des basalen Stammteils, auf das exzentrische Wachstum der Bäume an Berghängen und auf die Zuwachssteigerung an der Basis hin, welche nach Freistellung erfolgt.

Wenn gerade die Stelle, an welcher die stickstofffreien Assimilate mit den aus dem Boden aufgenommenen Stickstoffverbindungen und Aschenbestandteilen zusammentreffen, die im Wachstum besonders begünstigte wäre, so müfste dies doch häufig an einer anderen Stelle zu lokalen Verdickungen führen als gerade nur am Fufse der Bäume. Die auffallende Vergröfserung des Zuwachses an der Stammbasis ist demnach hierdurch nicht erklärt. Ebenso habe ich schon S. 177 gezeigt, dafs für die Erklärung des exzentrischen Wachstums der Bäume an Berghängen die Prämisse falsch ist, indem die Wurzelausbildung an der Bergseite keineswegs ausgiebiger ist als an der Hangseite. Die Vergröfserung des Wachstums an den unteren Stammteilen nach der Freistellung soll dadurch hervorgerufen werden, dafs infolge des stärkeren Lichteinfalls die Bodenthätigkeit und die Aufschliefsung des Bodens sehr wesentlich gesteigert wird und die vermehrte Aufnahme von mineralischen Bestandteilen und Stickstoffverbindungen das Wachstum fördert. Diese Annahme ist durch Hartig selbst widerlegt, da an der Eiche und Kiefer nach Entfernung eines Teils des Wurzelsystems das Wachstum in allen Höhenschichten des Baumes gleichmäfsig herabgemindert wird (vergl. S. 152). Wenn demnach die Herabsetzung der Zufuhr mineralischer Stoffe auf die Verteilung des Wachstums keinen Einflufs hat, mufs auch eine Vermehrung dieser Zufuhr in dieser Beziehung wirkungslos bleiben.

Ich kann mich dem Eindrucke nicht verschliefsen, dafs sich Hartigs Annahmen nach dem richten, was er erklären will. Ist das Wachstum in den oberen Stammteilen gröfser, so soll die Zufuhr der Assimilate mafsgebend sein, wachsen dagegen die basalen Teile des Stammes stärker, so geben die mineralischen Bestandteile den Ausschlag. Durch solche dehnbare Annahmen, die sich nicht konsequent durchführen lassen, wird aber nichts bewiesen.

Wie wir im Kapitel 4 gesehen haben, ist der Flächenzuwachs eines Stammes in den einzelnen Jahren wegen der verschiedenen Feuchtigkeits-

und Temperaturverhältnisse häufig sehr beträchtlichen Schwankungen unterworfen. In günstigen Jahren ist die Menge der zum Wachstum verwendeten Stoffe und ebenso die Produktion derselben eine gröfsere als in ungünstigen Jahren. Wäre nun die Menge der dem Stamme zugeführten Nahrungstoffe für die Verteilung des Wachstums mafsgebend, müfsten in ungünstigen Jahren zu den unteren Teilen des Stammes weniger Nahrungsstoffe gelangen, während die oberen Stammteile noch vollständig ernährt würden. Die Verminderung des Wachstums müfste sich daher besonders in den unteren Stammteilen geltend machen. In günstigen Jahren würden Nahrungsstoffe auch für die unteren Stammteile in gröfserer Menge disponibel sein, das Wachstum müfste hier zunehmen.

Bei der Betrachtung der Wachstumsverteilung in ungünstigen und günstigen Jahren an demselben Stamme wird zugleich den Differenzen Rechnung getragen, welche durch den verschiedenen Umfang der einzelnen Scheiben bei ungleicher Stammhöhe entstehen. Mehr oder weniger freistehende Stämme, wie z. B. Kiefer 32, zeigen das Maximum des Flächenzuwachses an der Basis, das Minimum an der Spitze. Man könnte in diesem Falle annehmen, dafs die von der Krone produzierten Nahrungsstoffe allseitig ausreichen, die Zellteilungsfähigkeit im ganzen Stamm gleichmäfsig auszunutzen. Dem gröfsereren Stammumfang an der Basis entsprechend, würde demnach hier der gröfste Flächenzuwachs zu finden sein und sich die Abnahme in der Richtung der Stammspitze durch die Verminderung des Stammumfanges erklären. Bei den Stämmen eines geschlossenen Bestandes mit geringer Krone würden die Nahrungsstoffe nur in dem oberen Teile ausreichen, die volle Zellteilungsfähigkeit zu unterhalten, während in den unteren Teilen des Stammes entsprechend der geringeren Nahrungsstoffmenge weniger Zuwachs stattfinden müfste. Diese geringere Thätigkeit der einzelnen Kambiumzellen könnte aber ausgeglichen werden durch den gröfseren Umfang des Stammes resp. durch die gröfsere Zahl der Kambiumzellen an einer Scheibe. Das Minimum des Flächenzuwachses würde demnach nicht in dem oberen Teil des Schaftes liegen, sondern in mittlerer Höhe desselben.

Zur Untersuchung der vorliegenden Verhältnisse stehen uns zwei Methoden zur Verfügung. Wir können die Verteiluug des Zuwachses in besonders ungünstigen oder günstigen Jahren mit der Verteilung des Zuwachses in einer vorausgehenden Periode vergleichen oder wir nehmen die Summe des Flächenzuwachses der einzelnen Jahre in allen Scheiben und drücken den Zuwachs der einzelnen Scheiben und Jahre in Prozenten dieser Summen aus. Auf diesem Wege können wir konstatieren, ob das verschieden starke Gesamtwachstum eine relative Zuwachssteigerung in bestimmten Teilen des Stammes hervorgerufen hat.

Die erste Methode habe ich auf die Jahre 1889 (auffallend geringes Wachstum) und 1884 (abnorm günstiges Wachstum angewendet. Aufserdem habe ich noch die Jahre 1886 mit abnehmendem, 1891 mit zunehmendem Wachstum geprüft. Da diese beiden letzteren Jahre das gleiche Re-

sultat lieferten wie 1889 und 1884, verzichte ich jedoch auf die Wiedergabe derselben. Zum Vergleich wurde das Wachstum der vorhergehenden 5 Jahre, also der Perioden 1884—88 und 1879—83 verwendet.

In Tabelle 88 sind verschieden alte auf trockenem oder feuchtem Boden wachsende Kiefern zusammengestellt. Um einen Vergleich der Gröfse des Dickenwachstums zu ermöglichen, wurde die Gröfse des Flächenzuwachses im Jahre 1889 für die Scheibe bei 1,3—1,4 m Stammhöhe angegeben. Stammhöhe und Kronenansatz (angedeutet durch einen Querstrich) beziehen sich auf das Jahr der Fällung 1894 resp. 1895.

Die Verhältniszahlen des Flächenwachstums von 1889 bezogen auf die vorausgehende Periode (Tab. 88) zeigen mit einer einzigen Ausnahme (Kiefer 1) in den oberen Teilen der Krone eine geringere Abnahme oder sogar eine Zunahme des Flächenzuwachses an. Diese Erscheinung erklärt sich daraus, dafs, wie schon S. 37 gezeigt wurde, in jugendlichen Sprofsachsen die Tendenz der Vermehrung des Flächenzuwachses zu beobachten ist, auch wenn in älteren Stammteilen das Wachstum in der Abnahme begriffen ist. Diese normale Steigerung überwiegt den Einflufs äufserer Faktoren. Ist die Scheibe sehr jung und das Dickenwachstum in den übrigen Teilen des Stammes nicht in zu hohem Mafse herabgedrückt, so finden wir in den oberen Teilen der Krone eine Wachstumszunahme. So bei den Kiefern No. 36, 6, 2, 7, 3, 12, 17, bei welchen die betreffenden Scheiben im Jahre 1889 ein Alter von 6—10 Jahren erreicht hatten. Bei Kiefer 29 tritt die Zunahme noch mit 14 Jahren auf.

Bei sehr geringem Wachstum im übrigen Stamm findet zwar in den obersten Scheiben ebenfalls eine Abnahme statt, dieselbe ist jedoch hier relativ geringer. Dies zeigen die Kiefern Nr. 11, 37, 8, 4 und 9. Da bei alternden Stämmen die Periode der Zuwachssteigerung sich über eine gröfsere Reihe von Jahren erstreckt, kann hier auch bei etwas höherem Alter des zu betrachtenden Jahresringes eine Zunahme eintreten. So bei Kiefer 32, deren zwei obersten Scheiben ein Wachstum zeigen, das 109 resp. 140% des Mittels der vorhergehenden 5jährigen Periode beträgt. Dabei ist das Jahr 1889 das 25. resp. 13. dieser Scheiben. Auch bei Kiefer 13 zeigt die Scheibe in 20 m Stammhöhe eine Zunahme, obgleich 1889 das 33. Jahr dieser Scheibe ist.

Die hier geschilderten Verhältnisse können sich in geringerem Mafse eventuell auch noch in den etwas älteren Teilen der Achsen geltend machen. Entscheidend hierfür ist das Alter der Scheibe und die Phase der grofsen Periode des Dickenwachstums, in welchem sich der Baum befindet. In Anbetracht des sonstigen Verhaltens der Sprofsachsen der Kiefer dürfen wir wohl annehmen, dafs auch an diesen jungen Achsenorganen die mechanische Beanspruchung für die Gröfse des Wachstums sehr wesentlich ist; die Zunahme des Flächenwachstums bei Verminderung in den älteren Achsenorganen könnte daher vielleicht mit der beträchtlichen Längenzunahme solcher junger Sprofsachsen in Verbindung zu bringen sein. Abgesehen davon wäre es jedoch auch möglich, dafs solche jugendliche Organe

Tab. 88.

Flächenzuwachs von 1889 in Prozenten des mittleren Zuwachses von 1884—88.

Kiefer	Gruppe I							II									III		IV
Nr.	32	27	11	36	6	37	13	1	2	7	38	8	3	12	4	5	9	29	33
Flächenzuwachs, qcm, 1889	6,49	22,54	2,22	1,19	3,37	0,40	3,23	8,19	2,44	2,06	4,30	2,28	2,50	2,28	1,44	0,03	1,06	27,13	13,23
Stammhöhe m	30,2	24,2	18,5	15,5	14,2	11,7	21,7	14,3	14,6	14,1	26,0	14,9	14,3	13,5	13,0	9,8	13,1	13,5	17,95
0,2—0,3	57	—	35	51	45	36	—	95	63	57	86	83	61	59	79	58	96	82	123
1,3—1,4	52	61	38	66	49	36	45	87	46	40	67	52	67	55	85	4	71	89	83
3,4	—	—	—	56	50	—	—	73	44	41	—	44	58	—	61	0	74	103	98
5,5	62	60[1]	37	54[2]	44	36	47	63	46	50	65	49	47	46	46	0	66	—	72
7,6	—	—	—	—	56	72[3]	—	76	52	44	—	53	56	—	44	48	63	128	—
9,6— 9,7	59	—	36	128	92	—	75	68	72	75	—	70	70	57	73	—	86	—	108[7]
10,3—10,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	91	114	71	—	—	—	—
11,8—11,9	—	63	—	—	113	—	—	63	104	141	—	94	109	—	—	—	—	—	—
13,7—14,0	68	—	83	—	—	—	44	40[5]	—	—	69	—	—	—	—	—	—	—	—
15,0—15,8	—	—	86	—	—	—	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17,8—17,9	63	—	—	—	—	—	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19,9—20,0	60	—	—	—	—	—	127	—	—	—	77	—	—	—	—	—	—	—	—
22,0	59	—	—	—	—	—	98[4]	—	—	—	80[6]	—	—	—	—	—	—	—	—
24,1	58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26,2	76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27,3	109	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28,4	140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Höhe der Scheibe betrug bei: [1]) 6,2 m. — [2]) 5,4 m. — [3]) 8,5 m. — [4]) 20,4 m. — [5]) 12,9 m. — [6]) 22,6 m. — [7]) 9,8 m.

eine stärkere Anziehungskraft für Nahrungsstoffe besitzen und ihr stärkeres Wachstum hierdurch zu erklären wäre. Kommt ein derartiger Einfluſs hinzu, so kann die Regulierung durch den Druckreiz eine unvollständige sein und der Flächenzuwachs über das Maſs gesteigert werden, welches durch die mechanischen Ansprüche gegeben ist.

Wollen wir daher die Frage beantworten, ob bei vermindertem Wachstum sich der Einfluſs der Nahrungsstoffzufuhr besonders in den untersten Stammparthieen geltend macht, dürfen wir nur den astfreien Schaft und die Achse innerhalb der unteren Krone in Betracht ziehen, insofern sich dieselbe wie der astfreie Schaft verhält.

In Tabelle 88 habe ich die Kiefern nach ihrem Verhalten in 4 Gruppen geordnet. In der Gruppe I ist die Abnahme des Wachstums in den verschiedenen Höhen eine gleichmäſsige. Geringere Differenzen zwischen den einzelnen Zahlen sind unvermeidlich, da schon eine kleine Abweichung in der Messung, eine geringe Unregelmäſsigkeit in der Form der Scheibe einen Unterschied von mehreren Prozenten hervorbringen kann. Die angeführten Zahlen können daher nur annähernd gleich sein. Bei Kiefer 13 findet sich in 9,6 m Höhe eine auffallend verschiedene Prozentzahl. Eine solche Differenz kann vorkommen, weil ein Jahresring öfter eine einseitige Ausbuchtung aufweist, was die Zahl für den Flächenzuwachs ungenau macht.

In der zweiten Gruppe zeigt sich die geringste Abnahme des Wachstums an der Basis und der Spitze des Stammes, die gröſste Abnahme in den mittleren Teilen. Bei den Kiefern 1, 2, 7 tritt die geringere Abnahme, abgesehen von der Spitze der Krone, besonders in der untersten Scheibe auf. Bei den übrigen Kiefern ist in der Richtung von unten nach oben zuerst eine geringere, dann eine gleichmäſsig sich steigernde und darauf folgend wieder eine geringere Abnahme des Zuwachses zu beobachten.

Kiefer 9 der dritten Gruppe schlieſst sich an die Stämme der zweiten Gruppe an, die gröſste Abnahme liegt jedoch relativ sehr hoch und verringert sich konstant nach der Basis zu. Diese Kiefer bildet einen gewissen Gegensatz zu Kiefer 29, indem hier die gröſste Abnahme gerade in der untersten Scheibe liegt.

Kiefer 33 der letzten Rubrik ist als Beispiel eines Stammes angeführt, bei welchem sich ein regelmäſsiges Verhältnis des Dickenwachstums zu der vorhergehenden Periode überhaupt nicht findet.

Überblicken wir sämtliche Stämme, so erkennen wir, daſs nur bei der einzigen Kiefer 29 eine Verschiebung des Wachstums erfolgt, wie sie durch Verminderung der Nahrungsstoffmenge eintreten müſste, wenn die Nahrungsstoffzufuhr die Verteilung des Wachstums bedingen würde. Die übrigen Stämme sprechen direkt gegen diese Annahme. Doch auch Kiefer 29 ist nicht als Beweis der Ernährungshypothese verwendbar, da ja nach derselben bei Zunahme in den oberen Teilen des Stammes auch unten eine Zunahme eintreten müſste.

In derselben Weise wie für 1889 giebt uns Tabelle 89 das Verhältnis

des Jahres 1884 zu dem mittleren Zuwachs der vorhergehenden fünfjährigen Periode wieder. Ein Vergleich des Flächenzuwachses in Brusthöhe (Tab. 88 und 89, zeigt uns, wie beträchtlich gröfser das Wachstum in dem Jahre 1884 ist. Der durch Querschnitte angedeutete Kronenansatz im Jahre 1894 resp. 1895 kann uns nur ein annäherndes Bild von der Höhe der Krone geben, da in einem Zeitraum von 10 resp. 11 Jahren voraussichtlich Veränderungen eingetreten sind, doch liefs sich der Kronenansatz für das Jahr 1884 selbstverständlich nicht feststellen.

In ähnlicher Weise, wie im Jahre 1889, finden wir das Wachstum an den jungen Sprofsachsen in dem oberen Teile der Krone abnorm hoch. Voraussetzung ist auch hierbei das hinreichend jugendliche Alter dieser Scheiben. Wir erhalten 1884 durchschnittlich wesentlich höhere prozentische Werte als im Jahre 1889, wo der normalen Steigerung des Zuwachses die ungünstigen äufseren Verhältnisse entgegenwirken.

Die Stämme sind nach ihrem Verhalten auch in Tabelle 89 in vier Gruppen gebracht.

In der ersten Gruppe nimmt der Zuwachs im Stamm annähernd gleichmäfsig in den verschiedenen Höhen zu. Nur so weit die Scheiben jünger sind ist eine erhöhte Zunahme zu bemerken. Die Stämme der zweiten Gruppe verhalten sich wie die der ersten, einzelne Scheiben zeigen jedoch eine etwas gröfsere Abweichung und zwar eine stärkere Zunahme bei den Kiefern 11, 34, 5, eine geringere Zunahme bei Kiefer 8. Die Höhe, in welcher diese abweichende Scheibe liegt (dieselbe ist durch Einklammern der Zahl gekennzeichnet) ist verschieden.

In der dritten Gruppe ist das Wachstum an der Basis und an der Spitze stärker vergröfsert, die geringste Zunahme liegt in mittlerer Höhe. Bei Kiefer 36 nimmt die Vergröfserung von der Basis nach der Spitze hin ab und geht in dem oberen Teile des Stammes in eine Verminderung des Wachstums über. Hätte eine noch höhere Scheibe untersucht werden können, so würde hier wohl auch wieder eine Zunahme in der Krone zu bemerken gewesen sein.

Die Stämme der vierten Gruppe lassen eine Regel in der Steigerung des Zuwachses nicht erkennen. Nur bei Kiefer 32 steigt die Zunahme von der Basis bis 9,6 m Höhe, nimmt dann konstant ab bis zu 24,1 m und steigt sodann zum zweiten Male bis zur Spitze der Krone.

Trotz seines ausnahmsweise starken Wachstums finden wir auch bei dem Jahre 1884 keine derartige Begünstigung des Zuwachses der unteren Stammteile, dafs wir hieraus auf einen Einflufs der Nahrungsstoffzufuhr schliefsen könnten. Im Jahre 1884 mufste infolge der überaus günstigen Temperaturverhältnisse die Vegetationsperiode sehr zeitig begonnen haben, wodurch auch die Dauer der Assimilationszeit verlängert, die Produktion von Assimilaten vermehrt wurde, auf die Verteilung des Zuwachses hatte dieser Umstand jedoch keinen Einflufs. Wäre dies der Fall gewesen, so hätte sich dies doch bei allen Stämmen in analoger Weise geltend machen müssen, während gerade das verschiedene Verhalten der angeführten Kiefern

Tab. 89.

Flächenzuwachs von 1884 in Prozenten des mittleren Zuwachses von 1879—83.

Kiefer	Gruppe I							II				III				IV					
Nr.	13	35	2	1	3	29	37	11	34	8	5	33	6	12	36	38	27	7	9	4	32
Flächenzuwachs, qcm, 1884	10,94	5,74	8,56	13,14	5,82	32,09	1,97	10,76	8,12	7,29	1,29	12,70	10,27	4,64	2,48	8,89	53,94	8,30	2,43	2,29	14,73
Stammhöhe m	21,7	16,5	14,6	14,3	14,3	13,5	11,7	18,5	16,7	14,9	9,8	17,95	14,2	13,5	15,5	26,0	24,2	14,1	13,0	13,0	30,2
0,2—0,3	—	99	144	139	154	116	134	118	132	(112)	119	129	194	133	142	153	—	118	168	217	179
1,3—1,4	118	117	143	145	159	119	125	(142)	138	132	(139)	113	163	116	129	138	149	135	174	222	181
3,4	—	111	151	138	149	115	—	—	(151)	125	121	125	153	—	86	—	—	135	143	296	—
5,5	127	113	149	140	149	—	127	118	135	134	119	136	120	101	87[2])	184	152[4])	121	161	214	194
7,6	—	123	150	154	155	110	—	—	188	139	153	—	133	—	—	—	—	135	151	181	—
9,6— 9,7	120	—	172	119	167	—	—	119	—	229	—	—	199	185	—	—	—	255	128	270	225
10,3—10,9	—	—	—	—	229	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	546	—
11,8—11,9	—	—	242	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	—	—	—	—
13,7—14,0	121	—	—	—	—	—	—	194	—	—	—	—	—	—	—	154	—	—	—	—	175
15,0—15,8	113	—	—	—	—	—	—	263	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17,8—17,9	148	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	167
19,9—20,0	127	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	146	—	—	—	—	137
22,0	174[1])	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	119[3])	—	—	—	—	127
24,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	118
26,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	135
27,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	222
28,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	241

Die Höhe der Scheibe betrug bei: [1]) 20,4 m. — [2]) 5,4 m. — [3]) 22,6 m. — [4]) 6,2 m.

auf individuelle Differenzen hindeutet. Solche können sich bei den einzelnen Stämmen wohl ergeben, sobald durch die Verlängerung des Stammes, durch Veränderungen der Krone oder der Freistellung gegen den Wind die mechanische Beanspruchung und der hierdurch ausgeübte Reiz eine Veränderung erleidet.

Die Tabellen 90—99 dienen zur Ermittelung der Schwankungen der Wachstumsverteilung nach der zweiten der auf Seite 216 angegebenen Methoden. In der zweiten Querreihe dieser Tabellen sind die Summen des Flächenzuwachses (qcm) aller gemessener Scheiben für die einzelnen Jahre angegeben, die uns als Maſsstab für das Gesamtwachstum dienen können. Die folgenden Querreihen enthalten in Prozenten dieser Summen ausgedrückt den Anteil der einzelnen Scheiben in verschiedener Höhe. Indem die Scheiben ungefähr gleichmäſsig über den Stamm verteilt sind, geben uns die Prozentzahlen ein Bild von der Verteilung des Zuwachses am ganzen Stamme. In den letzten Querreihen sind die Prozente mehrerer Scheiben zusammengefaſst, um die Schwankungen im unteren, mittleren und oberen Stammteile besser hervortreten zu lassen.

Die Zahlen verschiedener Stämme sind natürlich untereinander nicht vergleichbar, da schon durch die verschiedene Zahl der verwendeten Scheiben beträchtliche Abweichungen bedingt sind. Aber auch bei dem Vergleich der einzelnen Jahre desselben Stammes dürfen zu weit auseinanderliegende Jahre nicht ohne weiteres verglichen werden, indem die jüngsten Scheiben zunächst einen relativ geringen Anteil am Dickenwachstum haben, der entsprechend der Zunahme im Jugendstadium mehr oder weniger rasch ansteigt (vergl. die obersten Scheiben von Kiefer 14, 1, 6, 4 etc.).

Die Fragestellung ist hier dieselbe wie bei dem Vergleich der Zuwachsverteilung der Jahre 1884 und 1889 mit der Zuwachsverteilung der vorausgehenden Periode. Günstige äuſsere Wachstumsbedingungen müssen eine Vermehrung, ungünstige Bedingungen eine Verminderung der Nahrungsstoffmenge herbeiführen. Besitzt die Nahrungsstoffzufuhr einen Einfluſs auf die Verteilung des Wachstums, so müſste sich dies in günstigen Jahren als Erhöhung der Anteilsprozente der unteren Scheiben äuſsern, während in ungünstigen Jahren die Prozentzahlen der oberen Scheiben erhöht werden müſsten.

Die Betrachtung der Kiefern 14, 16, 1, 27 (Tab. 90—93) zeigt uns, daſs dies nicht zutrifft.

Kiefer 14 (Tab. 90) weist verhältnismäſsig geringere Schwankungen des Gesamtwachstums auf, nur einzelne Jahre machen hiervon eine Ausnahme, wie die Jahre 1882, 1884, 1885 mit stärkerem, die Jahre 1877, 1878, 1889 mit geringerem Wachstum. In den Jahren 1877 und 1878 gewinnt die noch jugendliche Scheibe IX an Zuwachs, in Folge der normalen Zuwachssteigerung im Jugendstadium, wodurch die Prozentzahlen in den oberen Stammscheiben gehoben werden, die Höhe der Prozentzahlen im unteren Stammteil (Scheibe I und II) folgt jedoch keineswegs den Unter-

Tab. 90. **Kiefer 14.**

Scheibe	Höhe m	1874	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
		85,6	85,4	85,6	57,1	72,3	86,8	84,1	80,4	108,1	76,5	121,9	107,4	88,9	86,1	80,0	67,2	90,5	99,9	95,4	82,1	96,7	80,2	95,0	79,5
I	0,3	21	19	16	15	17	15	14	16	15	15	16	18	17	16	15	16	21	14	14	12	12	13	13	15
II	1,3	16	15	13	14	13	11	11	12	12	12	12	12	12	11	11	12	9	11	11	9	12	12	12	10
III	3,4	12	12	11	10	10	10	11	11	11	12	12	10	10	10	10	11	8	10	11	10	13	11	11	12
IV	5,5	11	11	11	11	9	9	11	10	11	11	11	9	10	9	10	10	8	9	10	10	10	11	12	9
V	7,8	12	11	12	10	8	10	10	10	10	10	11	12	11	11	9	9	9	9	8	11	11	12	12	12
VI	9,9	10	10	11	11	9	11	11	10	11	10	9	10	10	11	10	9	9	10	10	12	11	11	10	10
VII	11,9	9	11	11	12	11	12	12	11	11	10	9	10	10	10	9	9	9	11	10	14	10	10	10	11
VIII	14,3	8	9	12	13	16	15	13	14	12	13	11	10	11	11	12	12	13	13	12	11	10	10	10	10
IX	16,2	1	2	3	4	7	7	7	6	7	7	8	9	9	11	13	12	14	13	13	11	11	10	10	11
I—II	0,3— 1,3	37	34	29	29	30	26	25	28	27	27	28	30	29	27	26	28	30	25	25	21	24	25	25	25
III—V	3,4—11,9	54	55	56	54	47	52	55	52	54	53	52	51	51	51	49	48	43	49	49	57	55	56	55	54
VI—VII	14,3—16,2	9	11	15	17	23	22	20	20	19	20	19	19	20	22	25	24	27	26	25	22	21	20	20	21

Tab. 91. **Kiefer 16.**

Scheibe	Höhe m	1875	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
		54,0	55,0	36,6	25,5	47,0	40,7	48,7	85,4	58,8	93,4	64,7	53,1	52,7	49,6	35,6	44,0	55,2	63,6	47,2	48,6	39,1	45,3	39,5
I	0,3	23	20	18	22	20	17	20	20	20	20	23	19	22	22	25	21	23	22	23	23	24	23	20
II	1,3	17	17	15	17	15	15	13	15	18	18	16	17	14	18	18	19	16	18	19	20	20	16	19
III	3,3	14	15	16	14	11	15	19	16	16	15	15	14	14	14	16	16	15	17	17	16	13	15	17
IV	5,4	14	14	16	12	12	12	11	13	14	14	13	15	14	12	10	12	14	13	12	11	15	13	13
V	7,5	14	15	14	14	15	16	14	13	12	12	11	12	12	11	9	10	11	11	12	12	13	13	14
VI	9,8	13	13	14	11	15	15	14	14	11	12	12	12	11	11	9	10	10	10	9	10	10	10	9
VII	12,6	5	6	7	10	11	10	9	9	9	10	10	11	13	12	13	12	11	9	8	8	5	10	8
I—II	0,4— 1,3	40	37	33	39	36	32	33	35	38	38	39	36	36	40	43	40	39	40	42	43	44	39	39
III—V	3,3— 7,5	42	44	46	40	38	43	44	42	42	41	39	41	40	37	35	38	40	41	41	39	41	41	44
VI—VII	9,8—12,6	18	19	21	21	26	25	23	23	20	22	22	23	24	23	22	22	21	19	17	18	15	20	17

Tab. 92. **Kiefer 1.**

Scheibe	Höhe	1875	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
	m	37,1	39,7	19,6	44,6	37,2	38,1	41,6	72,9	54,8	70,9	46,2	44,1	58,0	53,0	42,0	66,5	77,5	53,1	44,7	63,7
I	0,2	23	20	23	22	24	23	22	25	22	21	21	21	19	23	26	23	24	25	22	23
II	1,3	21	19	20	16	17	18	18	19	19	19	18	15	16	19	20	16	18	20	18	16
III	3,4	17	16	13	13	16	16	15	16	16	15	14	14	13	12	13	13	13	13	11	15
IV	5,5	17	19	17	17	18	17	18	16	16	16	16	15	16	13	12	14	13	13	15	13
V	7,6	13	16	14	18	13	14	14	13	14	14	13	14	15	15	14	15	14	13	12	14
VI	9,7	8	9	10	12	10	10	10	8	10	11	11	13	12	12	10	12	11	10	12	12
VII	11,8	0	1	3	2	2	2	3	3	3	3	5	5	6	4	4	5	5	4	7	5
VIII	12,9	—	—	—	—	—	—	—	0	0	1	2	3	3	2	1	2	2	2	3	2
I—II	0,2—1,3	44	39	43	38	41	41	40	44	41	40	39	36	35	42	46	39	42	45	40	39
III—V	3,4—7,6	47	51	44	48	47	47	47	45	46	45	43	43	44	40	39	42	40	39	38	42
VI—VIII	9,7—12,9	8	10	13	14	12	12	15	11	13	14	18	21	21	18	15	19	18	16	22	19

Tab. 93. **Kiefer 27.**

Scheibe	Höhe	1875	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
	m	83,1	85,6	47,9	35,7	65,3	81,2	89,3	100,2	94,0	123,2	85,7	67,8	72,5	59,5	50,2	80,3	81,2	77,3	75,5	69,6
I	1,3	41	38	37	40	40	42	41	42	45	44	44	47	45	46	45	42	41	45	45	40
II	6,2	29	31	32	29	28	28	31	32	31	32	30	29	29	30	30	31	33	30	32	36
III	11,9	30	31	31	31	32	30	28	26	24	24	26	24	26	24	25	27	26	25	23	24

Tab. 94. **Kiefer 6.**

Scheibe	Höhe	1875	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
	m	46,9	29,0	1,7	16,0	30,0	37,7	35,8	44,3	40,9	59,3	49,7	37,8	35,4	28,3	24,8	37,7	54,5	42,4	29,7	41,7
I	0,2	23	21	16	8	14	18	23	24	30	26	28	24	18	18	18	17	20	19	21	20
II	1,3	18	16	8	6	14	15	18	18	19	17	18	18	14	12	14	12	14	16	16	15
III	3,4	19	17	—	7	14	15	17	17	17	16	15	15	15	12	13	11	12	15	13	13
IV	5,5	20	21	8	20	23	24	19	18	13	15	14	14	15	14	11	13	14	14	14	12
V	7,6	16	19	27	40	25	19	16	15	12	14	13	14	15	16	14	15	15	16	14	14
VI	9,7	4	6	41	20	10	9	7	8	9	11	10	12	17	20	20	21	16	14	14	15
VII	11,8	—	—	—	—	—	—	—	—	0	1	2	3	6	8	11	11	9	6	8	11
I—II	0,2—1,3	41	37	24	14	28	33	41	42	49	43	46	42	32	30	32	29	34	35	37	35
III—IV	3,4—5,5	39	38	8	27	37	39	36	35	30	31	29	29	30	26	24	24	26	29	27	25
V—VII	7,6—11,8	20	25	68	60	35	28	23	23	21	26	25	29	38	44	45	47	40	36	36	40

Tab. 95. **Kiefer 7.**

Scheibe	Höhe	1875	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
	m	21,2	20,6	3,5	32,9	33,9	34,4	24,7	31,2	27,4	42,3	31,0	24,3	25,1	16,2	14,0	22,6	28,8	15,4	6,8	15,3
I	0,2	20	21	22	20	24	27	26	26	26	21	20	20	20	22	23	19	22	25	25	27
II	1,3	19	17	3	17	19	22	21	19	21	20	20	18	17	15	14	14	17	19	23	20
III	3,4	19	21	5	15	18	18	17	17	17	17	18	17	17	15	14	14	15	14	11	11
IV	5,5	22	21	21	23	21	17	17	16	13	15	15	16	15	15	15	16	15	14	12	13
V	7,6	16	16	20	18	13	11	12	13	13	14	14	15	15	13	13	16	15	13	13	11
VI	9,7	3	3	29	6	5	5	7	9	10	13	13	14	16	20	21	21	16	15	16	18
I—II	0,2—1,3	39	38	25	37	43	49	47	45	47	41	40	38	37	37	37	31	39	44	48	47
III—IV	3,4—5,5	41	42	26	38	39	35	34	33	30	32	33	33	32	30	29	30	30	28	23	24
V—VI	7,6—9,7	19	19	49	24	18	16	19	22	23	27	27	29	31	33	34	37	31	28	29	29

Tab. 96. **Kiefer 4.**

Scheibe	Höhe m	1875	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
		9,18	8,34	0,15	1,17	1,63	2,84	4,99	8,55	8,19	15,00	14,07	10,29	9,24	9,32	7,96	11,67	13,67	9,71	5,55	10,56
I	0,2	32	30	0	13	19	12	20	19	23	25	27	24	23	25	29	24	29	29	34	31
II	1,3	18	21	0	10	10	15	12	13	15	15	12	10	16	21	18	16	17	18	18	26
III	3,4	14	14	0	0	3	15	13	12	14	13	12	10	11	8	10	12	13	14	12	15
IV	5,5	13	12	0	8	14	15	18	14	11	10	10	11	10	8	6	10	11	13	8	8
V	7,6	18	19	0	26	30	25	21	22	17	13	12	13	10	9	7	9	9	8	6	6
VI	9,7	5	4	100	43	21	15	13	15	14	14	15	16	13	14	16	16	12	9	11	7
VII	10,8	—	—	—	—	3	3	3	5	6	9	12	16	17	15	14	13	9	9	11	7
I—II	0,2—1,3	50	51	0	23	29	27	32	32	38	40	37	34	39	46	47	40	46	47	52	57
III—IV	3,4—5,5	27	26	0	8	17	30	31	26	25	23	22	21	21	16	16	22	24	27	20	23
V—VII	9,7—10,8	23	23	100	69	54	43	37	42	37	36	39	45	40	38	37	38	30	26	28	20

Tab. 97. **Kiefer 5.**

Scheibe	Höhe m	1875	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
		5,31	6,45	1,93	4,32	5,25	4,30	4,44	6,96	4,42	6,36	4,92	3,21	3,08	1,92	0,95	2,02	3,01	1,16	1,02	1,12
I	0,2	35	31	35	27	22	26	24	26	27	23	22	21	19	25	54	19	24	34	34	36
II	1,3	26	29	18	15	20	15	20	18	22	20	19	21	15	8	3	20	18	12	35	3
III	3,4	21	20	12	19	21	23	21	20	18	20	18	17	18	15	0	12	12	6	0	19
IV	5,5	15	17	22	28	27	26	24	23	20	23	21	18	18	15	0	12	14	21	0	18
V	7,6	3	3	12	11	11	10	11	13	13	14	20	23	30	37	43	37	31	27	31	25
I—III	0,2—3,4	82	80	65	61	63	64	65	64	67	63	59	59	52	48	57	51	54	52	69	58
IV—V	5,5—7,6	18	20	34	39	38	36	35	36	33	37	41	41	48	52	43	49	45	48	31	43

Tab. 98. **Kiefer 13.**

Scheibe	Höhe	1879	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
	m	33,9	31,7	36,7	41,9	27,6	40,7	29,0	24,4	24,6	20,2	14,4	22,0	21,7	21,3	18,7	21,5
II	1,4	25	20	29	30	31	27	30	25	25	23	22	19	24	18	19	18
III	5,5	21	20	18	18	19	20	15	16	17	16	16	17	17	19	17	18
IV	9,6	17	18	16	18	16	17	20	18	17	16	15	14	14	17	13	14
V	13,7	18	19	18	18	18	19	17	20	20	19	16	18	17	15	14	14
VII	17,9	17	20	17	15	14	15	15	17	17	19	22	25	20	22	25	27
VIII	20,0	2	2	2	2	3	2	3	4	4	7	9	7	8	9	12	9
II—III	1,4— 5,5	46	40	47	48	50	47	45	41	42	39	38	36	41	37	36	36
IV—V	9,6—13,7	35	37	34	36	34	36	37	38	37	35	31	32	31	32	27	28
VII—VIII	17,9—20,0	19	23	19	17	17	17	18	21	21	26	31	32	28	31	37	36

Tab. 99. **Kiefer 15.**

Scheibe	Höhe	1875	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	94—97
		26,28	25,15	2,90	3,76	12,57	16,33	14,41	20,30	15,60	27,19	23,58	20,70	17,26	14,32	8,67	11,93	10,62	8,12	3,38	1,34	0,74	1,44	3,47	6,99
I	0,3	19	14	32	22	10	8	11	13	21	18	14	18	17	13	25	17	13	14	13	25	0	15	24	20
II	1,3	13	11	0	0	6	5	6	6	6	8	9	9	7	9	8	10	9	6	9	0	0	0	0	0
III	3,4	15	12	3	0	6	7	9	8	7	9	10	10	9	11	9	8	6	5	12	0	0	0	8	4
IV	5,5	12	13	4	0	6	9	10	10	8	11	13	12	12	11	8	9	9	10	10	0	0	0	8	4
V	7,6	11	11	10	1	6	10	11	12	10	11	11	12	11	10	9	9	12	15	14	18	11	6	8	10
VI	9,7	8	11	5	2	6	10	12	12	10	10	11	10	10	9	8	9	10	13	13	7	13	17	9	11
VII	11,8	6	9	9	3	10	14	14	13	12	11	11	11	10	10	8	9	12	14	8	2	0	19	12	10
VIII	13,9	10	11	21	19	20	19	14	12	11	9	9	11	11	12	10	11	13	12	10	6	22	13	12	12
IX	15,5	7	8	16	53	29	18	14	14	15	13	12	7	13	15	15	18	16	11	11	42	54	30	19	29
I—II	0,3— 1,3	32	25	32	22	16	13	17	19	27	26	23	27	24	22	33	27	22	20	22	25	0	15	24	20
III—VII	3,4—11,8	52	56	31	6	34	50	56	55	47	52	56	55	52	51	42	44	49	57	57	27	24	42	45	39
VIII—IX	13,9—15,5	17	19	37	72	50	37	28	26	26	22	21	18	24	27	25	29	29	23	21	48	76	43	31	41

schieden im Gesamtwachstum. Die Flächenzuwachssumme der Jahre 1874, 1875, 1876, 1879, 1880 sind fast gleich, sie schwanken nur zwischen 84,1—86,8 qcm, trotzdem haben wir hier beträchtliche Differenzen in der Verteilung des Zuwachses. Die Prozente der Jahre 1882, 1884, 1885 mit 108,1, 121,9, 107,4 qcm Zuwachssumme unterscheiden sich kaum von den Zahlen für das Jahr 1883 mit nur 76,5 qcm Zuwachssumme. Das Jahr 1889, verglichen mit dem Vorjahre, zeigt im unteren Stammteile trotz seines geringeren Wachstums sogar eine Erhöhung, im oberen Stammteile eine Herabsetzung der Prozentwerte.

Kiefer 16 (Tab. 91) weist in den Jahren 1875—1880 in den Scheiben VI und VII eine nicht unbedeutende Steigerung des Zuwachsanteils auf, während in den unteren und zum Teil auch in den mittleren Scheiben sich nicht unbeträchtliche Schwankungen bemerkbar machen. Hierbei hat jedoch der Nonnenfraſs des Jahres 1877 mitgewirkt, durch welchen nicht nur die Zuwachsgröſse, sondern auch die mechanische Beanspruchung des Stammes (vergl. S. 74) verändert wurde. Die Gröſse des Gesamtzuwachses hat die veränderte Wachstumsverteilung nicht verursacht, denn in diesem Falle würde das Jahr 1878 mit 25,5 qcm Zuwachssumme nicht an der Basis eine gröſsere, an der Spitze eine kleinere Prozentzahl aufweisen, als die Jahre 1878 und 1879 mit 47,0 resp. 40,7 qcm Zuwachssumme. Vom Jahre 1884 bis 1889 nimmt das Gesamtwachstum konstant ab, würde die Nahrungsstoffzufuhr maſsgebend gewesen sein, so hätten die Prozentzahlen der Scheibe VI—VII eine konstante Erhöhung, die der Scheiben I und II eine konstante Herabsetzung erfahren müssen. Dies trifft nicht zu, das relativ stärkste Wachstum der oberen Stammteile, und zugleich das schwächste Wachstum der unteren Scheiben im Jahre 1887 ist bei einer mittleren Zuwachsgröſse zu finden. In den Jahren 1890—92 steigt der Gesamtzuwachs und trotzdem finden wir in den unteren Scheiben keine dementsprechende Erhöhung der Prozentzahlen. Schwankungen in der Verteilung, wie wir sie in den Jahren 1889—1892 beobachten, kommen auch in Jahren mit gleichem Zuwachs vor, was wir an den Jahren 1895 und 1897 erkennen.

Natürlich kommen auch Fälle vor, wo ein starker Zuwachs mit einer relativ gröſseren Zunahme in den unteren Stammteilen und ein schwacher Zuwachs mit einer Erhöhung der Prozentzahlen in den oberen Teilen verbunden ist. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Jahre 1882 und 1893 der Kiefer 1 (Tab. 92), wo dies zutrifft. Um einen Einfluſs der Nahrungsstoffmenge zu beweisen, sind jedoch diese Jahre nicht geeignet, denn die Jahre 1884 und 1889 mit nur wenig verschiedener Wachstumsgröſse zeigen eine andere Verteilung.

Bei der Kiefer 27 (Tab. 93) sind nur drei Scheiben aus dem astfreien Schafte gemessen wurden. In Anbetracht der bedeutenden Zuwachsdifferenzen zwischen den einzelnen Jahren hätten Unterschiede in der Verteilung sehr deutlich hervortreten müssen, wir finden aber gerade im Gegenteil eine recht gleichmäſsige Verteilung. Die allmähliche Abnahme des Anteils der Scheibe III ist durch die Gröſse des Wachstums nicht zu erklären.

Schliefslich sei noch darauf verwiesen, dafs ein Herabgehen des Anteils der mittleren Scheiben sehr häufig nicht mit einer Abnahme des Anteils der untersten Scheiben verbunden ist. Als Beispiel hierfür diene Kiefer 4 (Tab. 96), bei welcher das Prozent der mittleren Scheiben von 1886—1889 und ebenso von 1892 auf 1893 fällt, während die Prozentzahlen der untersten Scheiben eine beträchtliche Steigerung aufweisen.

Ich habe hier nur auf wenige Einzelfälle aufmerksam gemacht, die nähere Betrachtung der betreffenden Tabellen ergiebt noch weitere Beweise dafür, dafs die Wachstumsverteilung nicht der Gröfse des Zuwachses entsprechend schwankt, also auch von der Gröfse des Zuwachses nicht abhängt, welche Erfahrung ich in gleicher Weise auch noch an einer Reihe anderer Stämme machen konnte, auf deren Wiedergabe ich verzichte, um die ohnehin schon grofse Tabellenzahl nicht noch weiter zu vermehren.

Ein abweichendes Verhalten zeigen die Kiefern, sobald die Verminderung des Gesamtzuwachses durch Insektenfrafs oder durch Unterdrückung des Stammes bedingt ist. In diesem Falle tritt eine Verschiebung des Dickenwachstums ein, bei welcher die oberen Teile des Stammes im Vergleich zu den unteren und mittleren Teilen des Stammes begünstigt sind.

Die Verschiebungen, welche nach der Beschädigung durch die Nonnenraupe eintreten, habe ich bereits im 3. Kapitel (S. 67—78) besprochen und dort (S. 74) hervorgehoben, dafs bei der Frafsbeschädigung ebenso wie bei der Aufästung nicht nur die Verminderung der Assimilation zu beachten ist, sondern auch die veränderte mechanische Beanspruchung des Stammes eine Verschiebung des Dickenwachstums herbeiführen mufs. Als ein weiterer Faktor kann sich eventuell (vergl. S. 69, 77) eine die Nahrungsstoffe stärker anziehende Kraft der jüngsten Pflanzenteile geltend machen.

Wäre die Verschiebung des Zuwachses durch die Nahrungsstoffzufuhr verursacht, müfste sich zugleich mit der Erreichung der Wachstumsgröfse, welche vor dem Froste bestanden hatte, auch die frühere Wachstumsverteilung wieder einstellen. Dies ist aber nicht der Fall. Bei Kiefer 6 (Tab. 94) ist die Zuwachssumme der Jahre 1876 und 1879 fast gleich (29,0 resp. 30,0 qcm), trotzdem beträgt der Anteil der Scheiben I und II in dem einen Falle 37, im anderen nur 33 %, der Scheiben V—VII 25 resp. 35 %. Auch im Jahre 1880, wo die Zuwachssumme (37,7 qcm) höher ist als 1876, sind die oberen Scheiben im Vergleich zu den unteren im Wachstum mehr begünstigt. Dasselbe finden wir bei Kiefer 7 (Tab. 95), wenn wir die Jahre 1875 und 1876 mit dem Jahre 1878 vergleichen. Die Verhältnisse sind hier um so auffallender, als der Zuwachs 1878 ca. 1 $^{1}/_{2}$ mal so grofs ist als vor dem Frafse und trotzdem ist der Anteil der oberen Scheiben ein gröfserer.

War die Beschädigung durch den Insektenfrafs eine sehr beträchtliche, wie z. B. bei Kiefer 4 (Tab. 96), erhält sich das relativ stärkere Wachstum der oberen Scheiben eine längere Reihe von Jahren, und die oberen Schei-

ben weisen auch dann noch gröfsere Prozentzahlen auf, wenn die Summe des Flächenzuwachses ebenso grofs oder gröfser ist als vor dem Frafs. Bei Kiefer 4 hatte der Frafs 1876 stattgefunden, trotzdem finden wir noch 1882 und später ein beträchtliches Überwiegen des Wachstums in den oberen Scheiben V—VII (Tab. 96).

Bei geringer Frafsbeschädigung, wie sie bei einem Teil unserer Kiefern 1887—1889 durch den Spinner- und Spannerfrafs gegeben war, wird durch die Erhöhung der Assimilationsthätigkeit der erhalten gebliebenen Nadeln ein Ausgleich geschaffen; findet ein Rückgang des Zuwachses statt, so ist dieser wie im 3. Kapitel gezeigt wurde, nicht durch den Frafs, sondern durch die ungünstigen Regen- und Temperaturverhältnisse zu erklären. Ein solcher Rückgang des Wachstums bewegt sich innerhalb jener Grenzen, welche durch die meteorologischen Faktoren hervorgerufen werden können, derselbe würde keine Verschiebung des Wachstums herbeiführen, wenn nicht durch den Frafs zugleich eine Veränderung der mechanischen Beanspruchung gegeben wäre.

An der Kiefer 16 (Tab. 91) geht die Flächenzuwachssumme in den Jahren 1884—1889 von 93,4 qcm auf 35,6 qcm, also beinahe auf $^1/_3$ zurück, trotzdem findet keine Zunahme des Anteils der Scheiben VI—VII statt, weil eine Frafswirkung hier nicht vorlag. Bei Kiefer 7 dagegen (Tab. 95), wo in demselben Zeitraum der Zuwachs von 42,3 qcm auf 14,0 qcm, also ebenfalls auf $^1/_3$ zurückging, ist eine Erhöhung des Anteils der oberen Scheiben (V und VI), eine Verminderung des Anteils der unteren Scheiben (I und II) vorhanden, welche eben auf die Veränderung der mechanischen Beanspruchung bei dem Frafs zurückzuführen ist. Bei Kiefer 7 verstärkt sich diese Wachstumsverschiebung noch im Jahre 1890, obgleich sich der Zuwachs und demnach auch die Zufuhr von Nahrungsstoffen gehoben hatte, und nach der Ernährungshypothese der Anteil der oberen Scheiben im Jahre 1890 hätte zurückgehen müssen. Die Verminderung der Prozente der oberen Scheiben, die Erhöhung der Prozente der unteren Scheiben tritt aber 1891 und 1892 ein, d. h. nachdem die Krone wieder ergänzt war und die Folgen des Frafses beseitigt waren. Dies geschieht, obgleich 1892 die Flächenzuwachssumme nicht wesentlich höher als im Jahre 1889 war.

Speziell das Verhalten des Jahres 1890 ist bemerkenswert, weil auch bei anderen Kiefern so z. B. bei Kiefer 6 (Tab. 94) die Anteilssteigerung der oberen Scheiben anhält, trotz Erhöhung des Gesamtwachstums, das bei dieser Kiefer 1890 ebenso hoch ist als 1886 (37,7 resp. 37,8 qcm).

Obgleich bei der relativ geringeren Wachstumsabnahme in den oberen Stammteilen die veränderte mechanische Beanspruchung mitwirken mufs, erscheint es doch fraglich, ob dieser Faktor zur Erklärung der vorliegenden Erscheinungen für alle Fälle ausreicht. Nach nicht zu starken Frafsbeschädigungen unterbleibt die Jahresringbildung zunächst in der unteren Hälfte des Stammes, während die basalen Scheiben noch in die Dicke wachsen (s. S. 76), bei weiterer Abnahme des Wachstums unterbleibt dieses auch an der Stammbasis. Das Wachstum erhält sich demnach bei weitgehendem

Mangel an Nahrungsstoffen nur in den jüngsten Stammteilen. Auch wenn ein Baum infolge ungenügender Ernährung abstirbt (vergl. Kiefer 12 S. 77, 78 und Tab. 32), sind es die jüngsten Sprofsteile, welche am längsten Wachstumsvorgänge aufweisen. Diese Thatsachen veranlassen mich zu der Annahme, dafs auch hier, wie sonst bei Hungerzuständen die jüngeren Organe eine relativ gröfsere Anziehungskraft für Nahrungsstoffe besitzen, wobei die durch den Druckreiz gegebene Regulation der Wachstumsverteilung eine unvollständige werden kann. Zu derselben Annahme führten uns die Beobachtungen des Wachstums in sehr ungünstigen Jahren (vergl. S. 217).

Eine unvollständige Regulation des Wachstums wird sich geltend machen können, gleichgiltig ob der Nahrungsmangel durch ungünstige äufsere Bedingungen, durch Insektenfrafs oder durch Unterdrückung und Ausästung der Krone hervorgerufen wurde. Ebenso wird bei alternden Stämmen, deren Assimilations- und Wachstumsenergie sich in starker Abnahme befindet, eine Bevorzugung der jüngsten Sprofsteile eintreten können. Dabei ist es natürlich sehr schwierig auseinander zu halten, welcher Anteil einerseits den veränderten mechanischen Ansprüchen, andererseits der gröfseren Anziehungskraft der jüngsten Organe für Nahrungsstoffe zukommt, da beide Faktoren in demselben Sinne auf eine relative Bevorzugung des oberen d. h. jüngeren Teile des Stammes hinwirken. Bei Entnadelung durch Insektenfrafs wird der Stamm durch den Wind weniger stark gebogen werden, bei geringerer Beschädigung der oberen Äste wird die Angriffsfläche für die Biegungen durch den Wind nach oben verschoben. Bei Unterdrückung würden die unteren Äste dem Angriffe des Windes durch die benachbarten Stämme entzogen, welcher Effekt natürlich auch durch Wegnahme der unteren Zweige bei der Aufästung erzielt wird. Es handelt sich hier um eine Verschiebung der Angriffsfläche des Windes, welche eine Begünstigung des Dickenwachstums der oberen Stammteile zur Folge haben mufs. Bei alternden Bäumen mit geringem Höhenwuchs wird die Krone keine wesentliche Umfangzunahme, eventuell durch Entfernung der älteren Äste sogar eine Abnahme erfahren. Die unteren Stammteile sind dann unter Umständen einer stärkeren mechanischen Beanspruchung angepafst, was ihrer weiteren Verdickung entgegenwirken müfste. Eventuell könnte man die Frage, ob die jüngeren Sprofsachsen eine gröfsere Anziehungskraft für Nahrungsstoffe besitzen, dadurch entscheiden, dafs man den Stamm unbeweglich befestigt und hierdurch den Einflufs der Biegungen eliminiert.

Aus dem Gesagten folgt, dafs man nicht berechtigt ist, aus dem stärkeren Wachstum der oberen Stammteile an den durch Frafs entnadelten, an unterdrückten oder ausgeästeten Bäumen den Schlufs zu ziehen, die Nahrungszufuhr sei die Ursache der Verteilung des Dickenwachstums.

Auf das Verhalten der durch Frafs beschädigten Kiefern habe ich schon früher hingewiesen. Kiefer 5 (Tab. 97) ist ein unterdrückter Stamm, an dem eine auffallend starke Zunahme des Anteils der Scheibe V zu beobachten ist, indem hier innerhalb 14 Jahre die Prozentzahl von 3 auf 43

steigt. Ebenso können wir an der unterdrückt stehenden Kiefer Nr. 15 (Tab. 99) nach dem Jahre 1893 eine auffallende Steigerung des Anteils der Scheibe IX konstatieren. Da in dem Zeitraume von 1894—1897 nicht mit Sicherheit nachzuweisen war, welche Jahresringe fehlten, habe ich in Tabelle 99 noch die Wachstumssumme dieser 4 Jahre besonders angegeben. Kiefer 13 (Tab. 98) ist als Beispiel eines alternden Stammes angeführt, hier ist es namentlich Scheibe VII, deren Wachstumsanteil zuletzt in auffallender Weise steigt, während zugleich Scheibe II eine Abnahme erfährt. Die Scheibe I an der Stammbasis konnte bei dieser Kiefer wegen ihrer unregelmäſsigen Gestalt nicht berücksichtigt werden.

Eine unvollständige Regulation der Wachstumsverteilung durch den Druckreiz wird sich auch dann bemerkbar machen, wenn die Stoffleitung unterbrochen oder ungenügend ist.

In dieser Beziehung ist ein Ringelungsversuch interessant, welchen R. Hartig[1]) publiziert hat. An einer Kiefer, die sich bei 4,5 m Höhe über dem Boden in zwei Stämme b und c gabelte, wurde 1871 der Teilstamm b in der Höhe von 7,8 m über dem Boden geringelt. Der andere Teilstamm c blieb unverletzt. Die ungeteilte Strecke des Stammes vom Boden bis zu 4,5 m Höhe ist mit a bezeichnet. Der Stamm wurde im Januar 1889 gefällt, wobei sich herausstellte, daſs der ungeteilte Stamm unterhalb des geringelten Teilstammes (b-Seite) sehr viel weniger gewachsen war als an der entgegengesetzten Seite (c-Seite) unterhalb dem nicht geringelten Teilstamm. Die Jahresringbildung setzte nach der Ringelung an der b-Seite zum Teil vollständig aus.

Mittlere Jahresringbreiten (mm), im Stammteil a des Hartigschen Ringelungsstammes.
Tab. 100.

Scheibe	Seite	Höhe	Meſs-punkt	1867	68	69	70	71	72	73	74
I	c	0,3	20—23	2,35	1,88	2,63	3,18	2,60	2,11	1,42	0,72
	b	0,3	7—11	1,40	1,18	1,64	1,68	0,68	0,09	0,10	0,08
II	c	1,3	12—15	1,95	1,68	2,20	2,23	1,75	1,30	1,32	0,85
	b	1,3	4—7	2,00	1,85	2,60	2,58	0,98	0,09	0,08	0,06
III	c	4,5	11—13	2,10	1,83	2,57	2,93	2,73	2,97	2,77	2,23
	b	4,5	3— 5	2,00	1,83	2,83	3,27	1,33	0,17	0,13	0,11

Ich habe aus den von Hartig angegebenen Zahlen die mittlere Jahresringbreite für die unterhalb der Teilstämme liegenden Meſspunkte berechnet und in Tabelle 100 wiedergegeben. Der etwas gröſsere Zuwachs in dem Jahre der Ringelung (1871) hängt wahrscheinlich mit dem Zeitpunkt der Ringelung (Ende Juni oder Anfang Juli 1871) zusammen.

An dem Zurückgehen des Wachstums unterhalb des geringelten Teil-

[1]) R. Hartig, Ein Ringelungsversuch. Allgem. Forst- und Jagdzeitung. 1889, S. 365 ff.

stammes ist nicht zu zweifeln, und da wenigstens in den ersten Jahren die mechanischen Ansprüche dieselben blieben, so mufs das geringe Wachstum hier durch die ungenügende Zufuhr von Nahrungsstoffen bedingt sein. Durch die Ringelung sind die normalen Leitungsbahnen der b-Seite unterbrochen, die seitliche Wanderung der plastischen Stoffe genügte aber nur zur unvollständigen Unterhaltung des Wachstums. Dabei dürfte das ziemlich weit nach unten gehende Einreifsen des Stammes an der Gabelungsstelle, welches vor der Ringelung stattgefunden hatte, den Austausch der Stoffe sehr erschwert haben. Eine Verwachsung scheint auch 1889 noch nicht eingetreten zu sein, da Hartig von dem Zerfallen der Scheibe bei 4,5 m Höhe in zwei Teile spricht. Die unterhalb der Ringelungsstelle befindlichen Teile konnten plastisches Material nur dann erhalten, wenn die Zufuhr derselben in einer der normalen Richtung entgegengesetzten Richtung erfolgte.

Durch die Unterbrechung der normalen Leitungsbahnen der plastischen Stoffe mufste ein mehr oder weniger vollständiger Mangel an Nahrungsstoffen eintreten. Die Anwesenheit von Nahrungsstoffen ist eine Bedingung, wenn auch nicht die Ursache des Wachstums. Der Druckreiz mufste daher unwirksam bleiben, sobald die Reizempfänglichkeit des betreffenden Pflanzenteils durch ungenügende Ernährung verloren gegangen war.

Im Laufe der Jahre scheinen sich jedoch neue Verbindungen der Leitungsbahnen gebildet zu haben, so dafs in den letzten Jahren ein allseitiges Wachstum wahrscheinlich ist. Allerdings geht dies aus der Zusammenstellung der Jahresringbreite für die einzelnen Mefspunkte, wie sie Hartig (l. c. 369) giebt, nicht hervor. Hartig hat dort, wo in dem Zeitraume von 1871—1888 nicht volle 17 Jahresringe gebildet waren, die Jahresringe dem Jahre 1873 angeschlossen, was nach meiner Ansicht falsch ist. Die letzten Jahresringe dürften wieder vorhanden sein und die Unterdrückung der Jahresringbildung in einen früheren Zeitraum fallen. Ich schliefse dies aus dem Verhalten der Messungen an einzelnen Punkten, welche die Ringzahlen vollständig erhalten (Scheibe I Mefspunkt 1, 2, 20, Scheibe II Mefspunkt 10, 11, 15), aber ein Minimum der Ringbreite bald nach dem Ringelungsjahre (ca. 1873—75) zeigen, von dem aus die Jahresringbreite nach aufsen zu steigt. Nach meinen früheren Untersuchungen fehlen bei ungleichmäfsigem Wachstum die Ringe in den Jahren, wo an den übrigen Seiten einer Scheibe das geringste Wachstum stattfand. Dies wird auch hier zutreffen.

Bemerkenswert ist ferner das beträchtliche Herabgehen des Wachstums auch an der Seite, welche unter dem nicht geringelten Teilstamm lag (vergl. Tab. 100, Scheibe I und II). Durch das Einreifsen an der Gabelungsstelle war die Seite c der Einwirkung der Seite b mehr entzogen, wir finden daher an der Scheibe III nur eine geringere Verminderung als an den Scheiben I und II, welche mit den übrigen Stammteilen in Zusammenhang geblieben waren. Die Abnahme des Wachstums an der c-Seite dürfte demnach durch den Hungerzustand der b-Seite bedingt sein, d. h. in

geringerem Maſse ein Austausch der plastischen Stoffe stattgefunden haben.

Sehr wesentlich ist auch der Umstand, daſs der nicht geringelte Teilstamm sein Volumen an Stamm- und Sproſsachsen und Krone stärker vermehrte, als der geringelte Stamm; an der c-Seite fand daher eine gröſsere Steigerung des Druckes statt als an der gegenüberliegenden Seite, was ebenfalls auf das Wachstum der c-Seite günstig einwirken muſste.

Wenn demnach, wie aus dem Ringelungsversuche Hartigs hervorgeht, unter abnormen Verhältnissen die Regulation der Nahrungsstoffzufuhr durch den Verbrauch eine unvollständige ist, so darf man doch hieraus nicht den Schluſs ziehen, daſs eine Regulation unter normalen Verhältnissen nicht stattfinde. Derartige Fälle unvollständiger Regulation sind nicht im stande unsere Anschauung zu widerlegen, daſs die Zuleitung der Nahrungsstoffe von der Gröſse der Wachstumsenergie und dem Verbrauch beim Wachstum abhängt. Ebensowenig können sie als Beweis für die gegenteilige Ansicht gelten, daſs die lokale Verteilung der Nahrungsstoffe die Verteilung des Dickenwachstums im Stamme bestimmt.

Zweiter Teil.
Die Spätholzbildung.

Neuntes Kapitel.

Die verschiedenen Anschauungen über die Ausbildung des Jahresringes.

Die vorliegende Litteratur über die Ausbildung der Jahresringe ist wenig geeignet die hierbei wirksamen Faktoren klar erkennen zu lassen. Zum Teil ist dies auf voreilige Schlufsfolgerungen zurückzuführen, welche die Autoren aus ungenügendem Material zogen, und die daher nur für die speziellen Fälle Geltung hatten, zum Teil liegt die Ursache jedoch in einer unrichtigen und unklaren Fragestellung. Ich habe es daher bei meinen Untersuchungen vorgezogen, mich auf die Kiefer zu beschränken, von der mir unter sehr verschiedenen Verhältnissen gewachsenes Material zu Gebote stand, und wo die Verhältnisse relativ viel einfacher liegen als z. B. bei den Laubhölzern. Andererseits schien es mir geboten zu sein, die Ursachen der Periodizität des Wachstums, welche sich in der jährlichen Ausbildung eines Holzringes ausspricht, von den Ursachen zu trennen, welche in der Entstehung verschieden beschaffener Zellen ihren Ausdruck finden. Eine Ausbildung von Jahresringen, d. h. die durch Ruheperioden unterbrochene Thätigkeit des Kambiums ist auch denkbar, ohne dafs differente Organe gebildet werden und thatsächlich kann man an 2—4jährigen Achsenorganen der Kiefer Jahresringe finden, deren Elemente sich so wenig unterscheiden, dafs die Erkennung der Jahresringgrenze nur sehr schwierig und an einzelnen Seiten der Achsen überhaupt nicht möglich ist. Auf die Ursachen dieser jährlichen Periodizität soll hier nicht näher eingegangen werden, dagegen sollen die Veränderungen, welche die Ausbildung der Elementarorgane des Kiefernholzes unter verschiedenen Bedingungen erleidet, einer genauen Prüfung unterworfen werden.

Als Ziel dieser Arbeit kann ich demnach die Untersuchung der Faktoren bezeichnen, welche die Ausbildung der mechanischen Zellen im Kiefernholze beeinflussen, wobei jedoch naturgemäfs das Verhältnis zu den in erster Linie als Wasserleitungsorgane dienenden Zellen zu berücksichtigen ist.

G. Haberlandt[1]) sagt sehr treffend in seiner physiologischen Pflanzenanatomie: »Die qualitative und quantitative Ausbildung des mechanischen Systems gehört im allgemeinen zu den erblichen Merkmalen der betreffenden Pflanzenart. Daneben macht sich aber in vielen Fällen als zweckmäfsige Anpassungserscheinung eine direkte Abhängigkeit von äufseren Einflüssen geltend, welche in der Entwickelungsgeschichte des einzelnen Individuums und seiner Organe zum Ausdruck kommt.« Haberlandt führt sodann einige Beispiele dafür an, dafs die mechanische Inanspruchnahme eines Organes die Ausbildung seines mechanischen Systems in hohem Grade begünstigt, wobei eine zweckmäfsige Selbstregulation zu Tage tritt, die auch sonst in der Gestaltung des inneren Baues der Pflanze nicht selten zur Geltung kommt. Aufserdem verweist Haberlandt auf die Bedeutung von Bodenfeuchtigkeit und Transpirationsgröfse für die Ausbildung des mechanischen Systems, welchen wohl noch einige andere Faktoren, z. B. das Licht anzuschliefsen wären.

Die bei der Entstehung der erblichen Merkmale wirksamen Ursachen sind der Forschung nicht direkt zugänglich, wir müssen uns daher auf die Untersuchung der die Ausbildung hemmenden oder fördernden Faktoren beschränken, unter welchen der von den mechanischen Einflüssen ausgeübte Reiz in erster Linie zu nennen ist, ohne dafs man jedoch die übrigen das Wachstum beeinflussender Faktoren aufser acht läfst.

Die Mittel, die Festigkeit des Holzes zu erhöhen, sind nicht in jedem Altersstadium dieselben.

Bei jungen Pflanzen und in den ersten Jahresringen der Sprofsachsen älterer Kiefern beruht die Festigkeit mehr auf der Kleinheit der Zellen, während die Zellwände nur wenig verdickt sind. Auf die Flächeneinheit eines Querschnittes entfällt bei zahlreichen kleinen Zellen mehr Membransubstanz als bei gröfseren Zellen von gleicher Membranstärke. Die Differenzierung der Tracheidenzellen ist in diesen ersten Jahresringen gering, Wasserleitung und Festigung werden im allgemeinen von denselben Zellen bewirkt.

In den folgenden Stadien werden die Frühholzzellen gröfser, wobei sich allmählich der Unterschied zwischen Frühholz und Spätholz ausbildet. Das letztere zeigt zunächst noch keine so starke Wandverdickung, wohl aber bleibt der radiale Zelldurchmesser relativ kleiner. Zugleich kann aber bei stärkerer mechanischer Beanspruchung die Wand der gröfseren Zellen mehr oder weniger stark verdickt werden. Diese Form der Verdickung ist unter dem Namen »Rotholz« von R. Hartig[2]), E. Mer[3]), A. Cieslar[4]) an der Fichte näher untersucht und von R. Hartig richtig

---

[1]) G. Haberlandt, Physiolog. Pflanzenanatomie II. Aufl. 1896, S. 171.

[2]) R. Hartig, Das Rotholz der Fichte. Forstl.-naturwiss. Zeitschrift 1896, S. 96.

[3]) E. Mer, De la formation du bois rouge dans le Sapin et l'Epicéa. Comptes rendus 1887, S. 376.

[4]) A. Cieslar, Das Rotholz der Fichte. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 1896, S. 149 ff.

als Festigungsgewebe erkannt worden, das dann auftritt, wenn die in der Ausbildung begriffenen Gewebe einem starken Drucke in der Längsachse der Organe ausgesetzt sind.[1])

Die Kiefer zeigt ebenso wie die Fichte solche Zonen dickwandigeren Holzes, für welche ich der Funktion entsprechend die Bezeichnung als Druckholz resp. Druckzone vorschlage, da es mir nicht gerechtfertigt erscheint, auf die Färbung ein gröfseres Gewicht zu legen. Die Färbung tritt auch nicht unter allen Umständen deutlich hervor, sie ist im allgemeinen um so stärker, je gröfser der Druck ist.

Solche Druckzonen treten mehr in den jungen oder in älteren dünnen Achsen hervor, wenn sie auch in starken Achsenorganen z. B. an der Unterseite der Zweige nicht fehlen. Ihre Ausbildung ist nicht an eine bestimmte Zeit gebunden, und wenn sie auch in der Regel nicht zu Beginn der Wachstumsthätigkeit auftreten, so kann ihre Ausbildung doch auch zugleich mit dem Beginn des Wachstums anfangen. Bei vermindertem Druck können die Elemente wieder dünnwandiger werden, man kann demnach besonders an Zweigen Querschnitte erhalten, welche an dem im Frühjahre gebildeten Holze dickwandige, an dem im Sommer gebildeten Holze dünnwandige Tracheiden aufweisen. Bei stärkerem Druck und ausgiebigerem Dickenwachstum können die verdickten Zellen ohne scharfe Grenze in die Spätholztracheiden übergehen. Das Druckholz zeigt fast immer Zellen, die in radialer Richtung weniger gestreckt sind, als die unverdickten Zellen, die vorher oder nachher gebildet werden, doch ist die Verkürzung ihres radialen Durchmessers nicht so bedeutend, als bei den typischen Spätholzzellen. Die Verdickung der Zellwand kann bei geringerer Druckwirkung auch nur schwach sein, derartige Druckzonen fallen dann nur durch den geringeren radialen Durchmesser ihrer Zellen auf.

Da Druckzonen nur bei einseitiger Belastung auftreten, so finden sich dieselben nicht gleichmäfsig im ganzen Jahresringe. An den Zweigen treten sie in der Regel nur an der Unterseite auf.

Mit dem Älterwerden der Sprofsachsen prägt sich die Differenzierung in weitlumiges relativ dünnwandiges Leitungsgewebe und englumiges dickwandiges Festigungsgewebe schärfer aus. Die Bezeichnung Frühlingsholz und Herbstholz für diese beiden Gewebe stammt von Schacht.[2]) Dafür wendete R. Hartig[3]) früher die Ausdrücke Frühlingsholz und Sommerholz an, wobei er die dünnwandigen und weitlumigen Organe zum Frühlingsholz, die dickwandigen Organe, gleichgiltig, ob dieselben radial verkürzt sind oder nicht, zum Sommerholz rechnet. Später unterscheitet R. Hartig[4]) im Jahresringe der Nadelhölzer drei Zonen, die dünnwandige und die weitlumige Frühjahrszone, die dickwandige, englumige aber grofszellige Sommer-

---

[1]) Die Rotholzzonen werden auch als „differenziertes Holz“ oder als „Bänder“ bezeichnet.

[2]) H. Schacht, Der Baum 1860, S. 97 und 201.

[3]) R. Hartig, Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume 1885, S. 13.

[4]) R. Hartig, Das Fichten- und Tannenholz des Bayrischen Waldes. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 1888, S. 360 und Lehrbuch der Anatomie etc. 1891, S. 276.

holzzone und drittens die dickwandige, englumige Zone, deren Zellen radial verkürzt sind, die Herbstholzzone.

E. Strasburger[1]) führte die Bezeichnungen Frühholz, Folgeholz und Spätholz ein, um nicht über die Jahreszeit der Bildung zu präjudizieren und einen Ausdruck anzuwenden, der nur für eine bestimmte geographische Breite paſst.

An sich wäre mir eine Benennung sympathischer gewesen, welche auf die Funktionen der betreffenden Zellen Rücksicht genommen hätte, vielleicht Leitholz und Druckholz oder Festholz, da man jedoch gut thut, mit neuen Bezeichnungen sparsam zu sein, habe ich die Strasburgerschen Ausdrücke acceptiert, nur schien mir die Bezeichnung Folgeholz überflüssig zu sein. Für die Fälle, wo ein besonderes Hervorheben der den Jahresring abschlieſsenden Tracheiden notwendig war, habe ich die Bezeichnung Grenztracheiden verwendet, ich betrachte aber die Grenztracheiden nur als einen Teil des Spätholzes.

Mit Spätholz verbinde ich den Begriff eines mechanischen Gewebes, während ich als Frühholz das vorzugsweise der Wasserleitung dienende Gewebe bezeichne, wodurch die Entscheidung ob Frühholz oder Spätholz vorliegt wesentlich erleichtert wird. Ich befinde mich hierdurch im Gegensatz zu den Auffassungen von Wieler,[2]) Jost,[3]) Lutz,[4]) welche als das Wesentliche des Herbst-(Sommer-)holzes die Verkürzung des radialen Durchmessers der Zellen ansehen. Wieler geht so weit, daſs er alles kleinzellige Holz einer Pflanze als Herbstholz bezeichnet, und da eine unter ungünstigen Verhältnissen wachsende Pflanze kleinere Zellen bildet, nimmt er an, das Holz einer solchen Pflanze bestehe nur aus typischem Herbstholze. Eine derartige Auffassung bedeutet einen Verzicht auf die Untersuchung der Funktionen der betreffenden Gewebe oder ist zum mindesten geeignet Verwirrung hervorzubringen. Typisches Spätholz kräftig wachsender Kiefern kann einen radialen Durchmesser aufweisen, der sogar gröſser ist als das Frühholz von jungen Sproſsachsen oder von schlechtwüchsigen älteren Kiefern. Kein unbefangener Beobachter wird ein solches Spätholz als Frühholz resp. Frühlingsholz bezeichnen, und ebensowenig ist es angebracht von jungen oder schlechtwüchsigen Kiefern zu behaupten, sie bildeten nur Spätholz. Derartig wechselnden Gröſsenverhältnissen gegenüber läſst sich immer noch leichter konstatieren, ob Zellwände als verdickt anzusehen und die Zellen als mechanisches Gewebe zu betrachten sind, wenn auch, wie zugegeben werden muſs, Jahresringe vorkommen können, wo eine Entscheidung schwierig ist. Ist das Spätholz ungenügend ver-

[1]) E. Strasburger, Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen 1891, S 501.

[2]) A. Wieler, Beiträge zur Kenntnis der Jahrringbildung und des Dickenwachstums. Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik, Bd. XVIII 1887, S. 87.

[3]) L. Jost, Über R. Hartig's Theorie des Dickenwachstums und der Jahrringbildung. Bot. Zeitung 1892, S. 491.

[4]) K. G. Lutz, Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Fünfstücks Beiträge zur wissenschaftl. Bot. Bd. I 1895, S. 31.

dickt, kann man eventuell von atypischem oder unvollständig ausgebildetem Spätholz sprechen. Solche Fälle werden namentlich dann eintreten, wenn die Energie der Wachstumsfunktion in der Pflanze mit dem Alter bei mangelhafter Ernährung eine weitgehende Verminderung erfährt oder durch Zugwirkungen die Ausbildung von typischem Spätholz gehemmt wird. Fehlt jede Verdickung d. h. die für mechanische Zellen charakteristische Eigenschaft, so werde ich das Spätholzprozent mit Null angeben. Die von R. Hartig als Sommerholz von dem Herbstholz getrennte Zone werde ich entsprechend der Zellwandverdickung zu dem Spätholz rechnen.

Die von mir als Druckzonen bezeichneten Gewebe sind ebenfalls als ein mechanisches Gewebe anzusehen, das sich jedoch von dem typischen Spätholz durch den Ort resp. durch die Zeit seiner Entstehung unterscheidet, insofern ist also auch die Zeit der Bildung für den Begriff des Spätholzes zu berücksichtigen. Die Ursachen, welche zu der Bildung der Druckzonen und der Spätholzzonen führen, sind jedoch dieselben.

Ich hoffe durch die weiteren Ausführungen meiner Arbeit jene Bedenken zu beseitigen, welche vorläufig vielleicht meiner Auffassung noch entgegenstehen.

Zur Frage nach der Beschaffenheit des Holzes, speziell auch des Kiefernholzes liegt eine sehr umfangreiche Litteratur vor. Dieselbe können wir in zwei Kategorieen teilen: 1. Spezielle Angaben über das Auftreten und die Menge des Spätholzes, über die Abhängigkeit der Spätholzbildung von Baumalter und Stammhöhe, von Jahresringbreite und Standortsgüte etc. 2. Versuche, die Verschiedenheiten der Holzelemente auf bestimmte Ursachen zurückzuführen. Die erste Kategorie der Litteratur werde ich bei den betreffenden Kapiteln dieser Arbeit berücksichtigen, von der zweiten Kategorie muſs ich jedoch schon an dieser Stelle das Wesentliche anführen, da ich durch meine speziellen Untersuchungen prüfen will, inwieweit die Thatsachen diesen verschiedenen Anschauungen entsprechen.

Berücksichtigen meine Untersuchungen auch den Grundsatz, daſs die Pflanzenteile ihren Funktionen entsprechend gebaut sind, so ist es doch mein Bestreben gewesen jene Faktoren aufzudecken, welche einen solchen Aufbau verursachen.

G. Haberlandt[1]) hat bereits 1884 die Ansicht ausgesprochen, daſs der verschiedene Bau von Frühlings- und Herbstholz vom Nützlichkeitsstandpunkte aus einer Erklärung zugänglich sein dürfte. Als nächstes Bedürfnis nach dem Wiedererwachen der Vegetation im Frühjahre stelle sich eine Vermehrung der Wasserleitungsbahnen heraus. Zur Zeit der gröſsten Transpiration in den heiſsesten Monaten Juli und August sei die Vermehrung der Leitungsbahnen des Wassers bereits erfolgt und nun könne die Pflanze die mechanischen Elemente möglichst vergröſsern. Eine entwickelungsmechanische Begründung ist hiermit noch nicht gegeben,

---

[1]) G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. I. Aufl. 1884. S. 371, vergl. auch II. Aufl. 1896, S. 517.

aber der Weg, welchen man hierfür einzuschlagen hat, wurde bereits von Strasburger[1]) angedeutet, indem er annimmt, daſs die innerhalb der Wasserbahnen herrschenden Umstände einen ganz bestimmten Reiz auf die in der Entwickelung begriffenen Elemente ausüben und die Art ihrer Entwickelung bestimmen. „Sobald für die direkten Wasserbahnen gesorgt ist, hört die auf die Jungholzzellen ausgeübte Reizwirkung auf und dominierend werden nunmehr die Einflüsse, welche sich als Bedürfnis nach mechanischer Festigung äuſsern. Diese letzte Reizursache mag von Anfang an vorhanden sein, wird aber zunächst durch das Bedürfnis nach Wasserbahnen ganz beherrscht.“

Meine eigenen Untersuchungen führten mich zu der Anschauung, daſs ein mit der Transpiration zusammenhängendes Bedürfnis an Leitungsbahnen nicht als Reiz wirkt, es ist vielmehr ein mechanischer Reiz, welcher zur Bildung von Spätholz führt. Derselbe ist schon von Anfang an vorhanden, macht sich aber erst später geltend, da verschiedene andere Faktoren dem zu erzielenden Reizeffekt entgegenwirken. Namentlich ist dabei zu berücksichtigen, daſs auch durch die Steigerung des Dickenwachstums eine erhöhte Festigkeit erzielt werden kann, wobei gleichzeitig das Bedürfnis an Leitungsbahnen in entsprechender Weise befriedigt wird.

Allerdings bezeichnet Haberlandt[2]) die von Strasburger angenommenen Reizwirkungen als durchaus hypothetischer Natur, die an dem teleologischen Charakter der Erklärung nichts ändern. Dieser Einwand ist so lange berechtigt, als die Reizwirkungen nicht näher untersucht und sicher gestellt sind. In einer zusammenfassenden Darstellung hat C. Herbst[3]) aut die Bedeutung der Reizphysiologie für die kausale Auffassung zahlreicher Bildungsvorgänge bei den Pflanzen verwiesen und ebenso wie die Reize der Schwerkraft, des Lichtes, des Kontaktes, der erhöhten Transspiration, des mechanischen Zuges etc. zweckmäſsige Wachstumsvorgänge und Neubildungen hervorrufen, werden wir bei dem Aufbau des Holzkörpers auf die Untersuchung der sich hier darbietenden mechanischen Reizwirkungen nicht verzichten können.

Bei R. Hartig, welcher ebenfalls einen Zusammenhang zwischen der Transpirationsgröſse und der Ausbildung leitungsfähigen Gewebes annimmt, ist auf die mechanische Verkettung der verschiedenen Erscheinungen weniger Wert gelegt und man erhält den Eindruck einer rein teleologischen Erklärung. Hartig[4]) sagt: „Je gröſser die Transpiration eines Baumes, je gröſser die Baumkrone im Verhältnisse zur Gröſse der wasserleitenden Splintschicht ist, je mehr durch direkte Insolation, durch Luftzug etc. die

---

[1]) E. Strasburger, Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen 1891, S. 948.

[2]) G. Haberlandt, Über Jahresringbildung. Ber. der deutschen Bot. Ges. 1895, S. 337.

[3]) C. Herbst, Über die Bedeutung der Reizphysiologie für die kausale Auffassung von Vorgängen in der tierischen Ontogenese. Biolog. Centralbl., XV. Bd. 1895, S. 721 ff., speziell S. 850.

[4]) R. Hartig, Das Fichten- und Tannenholz des Bayerischen Waldes. Centralbatt für das gesamte Forstwesen. XIV. Jahrg., 1888, S. 363.

Verdunstung eines Baumes gesteigert wird, um so mehr muſs das junge Holz die Befähigung besitzen, schnell groſse Wassermengen nach oben zu leiten. Ein Baum, der lebhaft verdunstet, muſs Holz bilden mit recht ausgiebigen Innenräumen der Organe, also weiches und leichtes Holz, wogegen ein Baum mit geringer Verdunstung dickwandige Organe erzeugen kann. Nun steht fest, daſs im freien Stande die Gröſse der transpirierenden Baumkronen keineswegs zur Gröſse des jährlichen Stammzuwachses sich ebenso verhält, wie bei einem Baume des geschlossenen Bestandes, vielmehr ist bekannt, daſs ein freistehender Baum mehr Blätter besitzt, also auch mehr transpiriert, als er nötig hat, um die durch die Zufuhr an Nährstoffen aus dem Boden bedingte Menge von Bildungsstoffen herzustellen. Diese übermäſsige Transpiration veranlaſst die Erzeugung leichten dünnwandigen Holzes. Im Gegensatze dazu stehen die Bäume, welche im dicht gedrängten Bestande gegen Luftzug geschützt sind. Sie erzeugen zwar weniger Holz, aber ihre Transpiration ist so gering, daſs auch dieses wenige Holz nur eine geringe Leitungsfähigkeit für Wasser bedarf, d. h. dickwandiger und schwerer ist."

Eine Ergänzung hierzu bildet eine spätere Angabe[1]): „Ästet man einen überreich beasteten Baum aus, so steigert man damit die Güte des Holzes, weil nunmehr die Transpiration vermindert worden ist, während der Zuwachs selbst gar nicht oder doch in geringem Grade sich vermindert."

Wenn nun auch das Bedürfnis an Wasser für bestimmte Wachstumsvorgänge als Reiz dienen kann, so wäre es doch notwendig gewesen diese Reizwirkung nachzuweisen. Der Reiz, welcher die mechanische Beanspruchung ausüben könnte, ist nicht berücksichtigt, obgleich es sich bei der Bildung des Spätholzes doch um ein eminent mechanisches Gewebe handelt. In den bisherigen Arbeiten ist nicht mehr gesagt, als daſs die gröſsere Festigkeit für die Bäume von Vorteil ist.

Zu nennen sind ferner die Untersuchungen von L. Jost[2]), die zwar auf die Beschaffenheit der Holzelemente weniger Rücksicht nehmen, aber die Beziehungen aufzudecken suchen, welche zwischen der Entwickelung der Blätter und dem Dickenwachstum der Sproſsachsen bestehen. Jost[3]) verwirft den Einfluſs der Ernährung als Ursache des kambialen Wachstums, von den sich entwickelnden Blättern soll eine Beeinflussung des Protoplasmas der Kambiumzellen ausgehen, welche zur Bildung von Gefäſsen führt. In Anbetracht der kambialen Thätigkeit an Bäumen, bei welchen die Blattbildung und Neubildung von Trieben verhindert wurde, giebt er selbst[4]) eine Einschränkung seiner Theorie. Organbildung soll zwar in vielen, aber nicht in allen Fällen eine notwendige Bedingung für die Ge-

---

[1]) R. Hartig, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen 1891, S. 281.

[2]) L. Jost, Über Dickenwachstum und Jahresringbildung. Bot. Zeitung 1891, S. 485 ff.

[3]) l. c. 544.

[4]) l. c. 593.

fäfsbildung sein. Entsprechend der Analogie der Funktion kann man diese Ausführungen auch auf die Frühtracheiden beziehen.

Wie Jost[1]) in einem zweiten Aufsatz hervorhebt, unterscheidet sich seine Anschauung von der Hartig'schen, indem Hartig mehr die biologische Bedeutung, den Zweck des Frühholzes und Spätholzes ins Auge fafst, während Jost in der Organbildung, speziell der Blattbildung eine notwendige Bedingung für die Gefäfsbildung ansieht.

Die Wirkung eines von den Blättern ausgehenden Reizes ist sicherlich zu beachten, doch können nicht alle Thatsachen hierdurch in befriedigender Weise erklärt werden. Speziell trifft dies für die Bildung des Spätholzes zu, die wir im folgenden besonders zu untersuchen haben.

Jost[2]) bezeichnet es als von vornherein wahrscheinlich, dafs der Jahrestrieb in ursächlichem Zusammenhang mit dem Jahresring steht, das Frühlingsholz eine Folge der Knospenentfaltung, das Herbstholz eine Folge des Knospenschlusses ist. Da seine diesbezüglichen Untersuchungen nicht abgeschlossen sind, betrachtet er seine Mitteilungen nur als vorläufige, weist hauptsächlich auf den Schlufs des Holzringes nach vorzeitiger Entlaubung und die Bildung eines zweiten Ringes bei neuem Austreiben hin. Auch dieser Teil seiner Abhandlung betrifft mehr die Ursachen der Jahresringbildung als die Ursachen der Entstehung des mechanischen Gewebes, d. h. des Spätholzes, was, wie wir schon früher (S. 235) angeführt, zu trennen ist und aufserhalb des Rahmens dieser Arbeit liegt.

Den ersten Versuch, die Entstehung des Spätholzes causal zu erklären, hat J. Sachs[3]) gemacht, indem er die Zunahme der Rindenspannung während der Vegetationsperiode als Ursache des Schmälerwerdens und der Verdickung der Tracheiden ansah. Durch bestimmte Experimente suchte de Vries[4]) diese Anschauung zu stützen. Mit Recht hat man wohl allgemein diese Hypothese fallen lassen, nachdem G. Krabbe[5]) gezeigt, dafs die Gröfse und die Schwankungen des Rindendruckes im Vergleich zu den von den Holzzellen beim Wachsen entwickelten Kräften zu gering sind, um die anatomischen Veränderungen im Jahresring hervorrufen zu können.

Der Sachs-de Vriesschen Rindendruckhypothese gegenüber regte Russow[6]) die Ansicht an, Schwankungen im Turgor möchten das verschie-

[1]) L. Jost, Über Hartig's Theorie des Dickenwachstums und der Jahrringbildung. Bot. Zeitung 1892, S. 507.

[2]) L. Jost, Bot. Zeit. 1891, S. 594.

[3]) J. Sachs, Lehrbuch der Botanik, I. Aufl. 1868, IV. Aufl. 1874, S. 784.

[4]) De Vries, Flora 1872 S. 241, Flora 1875 S. 97, und De l'influence de la pression du liber sur la structure des couches ligneuses annuelles, Extrait des Archives Néerlandaises T. XI 1876.

[5]) G. Krabbe, Über die Beziehungen der Rindenspannung zur Bildung der Jahresringe und der Ablenkung der Markstrahlen. Sitzungsber. der Preufs. Akademie der Wissenschaften LI 1882, S. 1093 und Über das Wachstum des Verdickungsringes und der jungen Holzzellen in seiner Abhängigkeit von Druckwirkungen. Abhandl. der Preufs. Akademie der Wissenschaften 1884.

[6]) E. Russow, Über die Entwickelung des Hoftüpfels, der Membran der Holzzellen und des Jahresringes bei den Abietineen. Sitzungsber. d. Dorpater Naturforscherges. 1881. Referat in Bot. Zeitung 1882, S. 186.

dene Wachstum der Früh- und Spättracheiden erklären, die wiederum mit Zuleitung einer wasseranziehenden Substanz also mit Ernährungsdifferenzen zusammenhängen sollten. Durch Wieler[1]) wurde, teils durch Analysen des Jungholzes, teils auf dem Wege der Plasmolyse nachgewiesen, dafs die Russow'sche Vermutung nicht zutreffe, ja er gewann sogar den Eindruck, dafs der hydrostatische Druck zur Zeit der Spätholzbildung eher etwas gröfser sei. Schwankungen der Turgorhöhe finden allerdings statt, aber dieselben sind nicht an eine bestimmte Jahreszeit gebunden.

Komplizierter gestalten sich die Versuche, die Ausbildung der Holzelemente mit den Ernährungsverhältnissen des Kambiums in Beziehung zu bringen. Es stehen sich hierbei die Ansichten von R. Hartig und A. Wieler schroff gegenüber. Nach Hartig haben ungünstige Ernährungsverhältnisse die Bildung von Frühholz, günstige dagegen die Bildung von Spätholz zur Folge, während Wieler umgekehrt das Auftreten von Spätholz als Wirkung ungünstiger Ernährung ansieht. Während Hartig mehr Gewicht auf die Verdickung der Membranen legt, stellt Wieler die radiale Abplattung, das Kleinerwerden der Zellen bei der Spätholzbildung in den Vordergrund.

Wenden wir uns zunächst an die Begründung, welche Hartig seiner Anschauung giebt. Hartig[2]) sagt: „Die kambiale Thätigkeit beginnt je nach Holzart, Standort, Baumteil am oberirdischen Stamme in der Regel zwischen Mitte April und Mitte Mai, d. h. zu einer Zeit, in welcher alle Ernährungsfaktoren noch wenig günstiger Art sind. Die neue Belaubung fehlt noch oder ist noch nicht voll ausgebildet, um intensiv assimilieren zu können, die Tage sind noch relativ kurz und somit ist die Lichtwirkung noch gering, vor allem ist die Temperatur, die ja für alle Prozesse des Stoffwechsels besonders mafsgebend ist, eine niedere. Die Organe, welche in dieser Wuchsperiode entstehen, zeichnen sich durch Dünnwandigkeit aus." Die Bildung einer Breitfaserschicht, die nur eine Eigentümlichkeit der äufseren Schichten des Sommerholzes bei den Nadelhölzern sei, soll eine erblich gewordene Eigentümlichkeit der letzteren sein, die nicht aus besserer oder geringerer Ernährung des Kambiums abgeleitet werden kann.

Nach Hartig[3]) lassen sich die Faktoren, welche die Ausbildung der Holzelemente bestimmen, kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Je mehr das Holz eines Jahresringes der Wasserleitung dienen mufs, um so mehr überwiegen die weitlumigen Organe.

2. Je besser das Kambium ernährt wird, um so mehr überwiegen die dickwandigen Organe des Sommerholzes.

3. Nur die gleichzeitige Berücksichtigung der beiden vorstehenden Sätze kann im Einzelfalle das Gewicht des Holzes erklären.

---

[1]) A. Wieler, Analysen der Jungholzregion von Pinus silvestris und Salix pentandra etc. Landwirtsch. Versuchs-Stationen Bd. 32 und Beiträge zur Kenntnis der Jahresringbildung und des Dickenwachstums. Jahrbücher für wiss. Botanik XVIII. Bd. 1887, S. 70.

[2]) R. Hartig, Ein Ringelungsversuch. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1889. S. 403. Vergl. auch Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut zu München I, 1880, S. 148.

[3]) Allg. Forst- und Jagdzeitung 1889, S. 409.

Wir haben es hier ähnlich wie bei dem Dickenwachstum mit zwei einander zum Teil widersprechenden Hypothesen zu thun, die je nach Bedarf beliebig angewendet werden, um eine Erklärung zu ermöglichen und von Hartig selbst nicht konsequent durchgeführt werden. Im 14. Kapitel werde ich im speziellen eine Anzahl einander direkt widersprechender Angaben Hartigs zusammenstellen, aus denen hervorgeht, daſs in dem einen Falle die Steigerung des Zuwachses mit einer Verminderung der Qualität, im anderen Falle mit einer Verbesserung der Qualität verbunden ist. Wo das erstere zutrifft, wird das Bedürfnis nach Leitungsbahnen in den Vordergrund gestellt, ohne jedoch zu zeigen, auf welchem Wege diese Erscheinung vermittelt wird, im zweiten Falle wird ein Überwiegen des Einflusses der Ernährung angenommen.

Auſserdem miſst Hartig dem früheren oder späteren Beginn des Wachstums eine Bedeutung bezüglich der Spätholzbildung bei, die jedoch im wesentlichen auf Differenzen in der Ernährung basiert ist.

Wir werden später noch Gelegenheit haben, im einzelnen auf die Anschauungen Hartigs einzugehen.

Wieler[1]) drückt sich schon in seiner ersten Arbeit sehr bestimmt aus, indem er sagt, die Jahresringbildung sei ausschlieſslich abhängig von Ernährungsverhältnissen. Seine Ansicht, daſs ihm dieser Nachweis gelungen sei, teile ich nicht. Natürlich sind Ernährungsvorgänge bei jedem Wachstum mit im Spiel, es handelt sich aber nur um die Frage, ob dieselben als Ursache der verschiedenen Ausbildung der Holzelemente anzusehen sind.

Wieler geht von dem Verhalten einjähriger Pflanzen, Ricinus communis und Helianthus annuus aus, die er unter verschieden günstigen äuſseren Verhältnissen kultiviert. Diese Versuche beweisen weiter nichts, als daſs bei geringem Wachstum die Zellen kleiner bleiben als bei günstigem Wachstum.

Krabbe[2]) verwirft mit Recht diese Folgerungen Wielers, da man weder die mit der Herbstholzbildung verbundene Membranverdickung auſser acht lassen, noch aus ähnlichen Verkleinerungen der Zellen auf dieselben Ursachen schlieſsen dürfe, zumal da der Begriff der Ernährung nicht weiter zergliedert und durch nichts die schlechtere Ernährung des Kambiums zur Zeit der Herbstholzbildung nachgewiesen sei. Ich billige diese Einwände, möchte aber noch besonderen Wert darauf legen, daſs Wieler nach der Art seiner Versuche nicht feststellen konnte, wie gröſsere mechanische Ansprüche auf die Ausbildung des Holzes einwirken.

Dieselben Einwände gelten im allgemeinen auch für die spätere Arbeit Wielers,[3]) in welcher er für einige junge Holzpflanzen Verschiedenheiten

[1]) A. Wieler, Beiträge zur Kenntnis der Jahresringbildung und des Dickenwachstums. Jahrbücher f. wiss. Botanik XVIII, S. 129.

[2]) G. Krabbe, Einige Anmerkungen zu den neuesten Erklärungsversuchen der Jahresringbildung. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1887, S. 222.

[3]) A. Wieler, Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. Tharander Forstl. Jahrbuch Bd. 42, S. 72.

in der Gröſse der Elemente, speziell der Tracheiden bei den Nadelhölzern, der Gefäſse bei den Laubhölzern nachweist. Wieler schlieſst aus der Erfahrung, daſs bei ungünstigen Ernährungsverhältnissen die Zellen kleiner werden nun umgekehrt, daſs überall, wo eine Verkleinerung der Zellen stattfindet, dies durch ungünstige Ernährungsbedingungen verursacht sei. Dies ist ein logischer Fehler, welcher der ganzen Arbeit Wielers anhaftet.

Wieler[1]) will zwar die Bildung der Jahresringe nicht auf einen einzigen Ernährungsfaktor zurückführen, weist aber dem Wassergehalt der Zellen den Hauptanteil an der Ausbildung des Frühlings- und Herbstholzes zu.

Einen Anlaſs zu Irrtümern hat bei den Experimenten Wielers die Verwendung zu junger Pflanzen gegeben. So bildet sich bei Kiefern von wenigen Jahren überhaupt kein durch Wandverdickung ausgezeichnetes Spätholz, wie bei den älteren Kiefern, daher legt er auf die Wandverdickung ein so geringes Gewicht. Ebenso ist es falsch, wenn Wieler[2]) für Nadelhölzer als das Normale den allmählichen Übergang vom Frühholz zum Spätholz angiebt, dies trifft wohl für junge Pflanzen, aber nur in beschränktem Maſse für alte Pflanzen zu. Hätte Wieler ältere Stämme untersucht, so würden ihm die Unterschiede in den verschiedenen Höhenschichten aufgefallen sein, die mit Wassergehaltsdifferenzen schwer in Einklang zu bringen sind. Wenn Wassermangel die Bildung von Spätholz begünstigen sollte, so müſste sich dies doch in den oberen Stammteilen früher bemerkbar machen, da die oberen Teile der Pflanze durch die unteren mit Wasser versorgt werden, aber wir finden gerade in den unteren Stammteilen sehr beträchtlich mehr Spätholz als in den oberen Teilen.

In einer anderen Arbeit sagt Wieler,[3]) es sei unzweifelhaft, daſs im allgemeinen der in der Erde befindliche Teil der Pflanze konstanter einer höheren Feuchtigkeit ausgesetzt ist, als der oberirdische Teil, an dem sich die Wirkung der Transpiration fühlbar machen muſs. Bei dem überwiegenden Einfluſs des Wassers nach Wielers Annahme müſsten die der Wurzel zunächst liegenden Stammteile am besten mit Wasser versorgt sein und demnach ein dem Wurzelholze sehr nahestehendes Holz liefern, was nicht der Fall ist.

Wir können Wieler zugeben, daſs die Ernährung und auch die Wasserzufuhr insofern, als sie in das Wachstumsgetriebe eingreifen, auch die Beschaffenheit des Holzes beeinflussen, eine befriedigende Erklärung der Spätholzbildung giebt Wieler nicht, indem er dieselbe ausschlieſslich nur von Ernährungsverhältnissen abhängig sein läſst, also die Wirkung anderer Faktoren leugnet. Ebensowenig hat Wieler die Ursachen aufgedeckt, auf welchen die Periodizität in der Holzbildung, also die eigentliche Ursache der Jahresringbildung beruht.

---

[1]) l. c. S. 147.

[2]) l. c. 99, 154. Das Gegenteil wird S. 91 behauptet.

[3]) A. Wieler, Über die Beziehung zwischen Wurzel- und Stammholz. Tharander Forstl. Jahrbuch 41. Bd. 1891, S. 166, 169.

Den Anschauungen von K. G. Lutz[1]) stehen die von Wieler entwickelten insofern nahe, als Lutz in erster Linie den verschiedenen Wassergehalt der Rinde und Jungholzregion als Ursache der Verschiedenartigkeit ansieht, welche zwischen den einen Jahresring bildenden Holzelementen in Beziehung auf ihre radiale Streckung herrscht. Tracheiden mit groſser radialer Streckung sind auf reichliche, Tracheiden mit kleinem radialen Durchmesser auf spärliche Wasserzufuhr zurückzuführen. Tracheiden mit dünnen Membranen können sowohl bei guter, als bei schlechter Ernährung entstehen; solche mit dicken Membranen bei normaler Ernährung und langsamer Teilung der Kambiumzellen, sowie bei rascher Teilung derselben, wenn das plastische Material in groſser Menge vorhanden ist. Lutz verwirft demnach die von Hartig und Wieler aufgestellten Hypothesen von der schlechteren oder besseren Ernährung des Frühholzes, wie er sich denn auch gegen alle übrigen Erklärungen ausspricht. Seine Ansichten begründet er insbesondere durch das Verhalten junger ca. 1 m hoher Kiefern, die nach der Entnadelung trotz schlechter Ernährung aber, wie er annimmt, bei reichlicher Wasserzufuhr Frühholztracheiden bildeten. Die in jungen Kiefern auftretenden Druckzonen haben ihn vielfach zu irrigen Schlüssen geführt.

Zum Schluſs sei noch auf die Ansichten verwiesen, welche bei der Ausbildung des Holzes auf Vererbungsvorgänge zurückgreifen. R. Hartig[2]) unterscheidet bei den Nadelhölzern die dünnwandige Rundfaserschicht (Frühlingsholz), die dickwandigen Rundfasern (Sommerholz) und die dickwandige, englumige Breitfaserschicht (Herbstholz). Die Bildung von Breitfasern soll nun nicht auf bessere oder geringere Ernährung zurückzuführen, sondern eine ererbte Eigentümlichkeit der Nadelhölzer sein.[3]) In Wirklichkeit geht die Sommerholzschicht Hartigs bei breiteren Ringen kontinuierlich in die Breitfaserschicht über, auſserdem kann das Auftreten englumigerer Zellen an der Jahresringgrenze auch ganz unterbleiben, es dürfte daher sehr schwierig sein, den Nachweis einer Vererbungserscheinung zu liefern. Die Sommerholzzellen im Sinne Hartigs zeigen im Vergleich zu den Frühlingstracheiden eine Verminderung des radialen Durchmessers. Soll nun dieses Kleinerwerden auch auf Vererbung zurückgeführt werden?

Immerhin können auch Erscheinungen angeführt werden, die durch Vererbung am natürlichsten zu erklären sind. Wie R. Hartig und E. Strasburger anführen, bilden sich unter einer Ringelung oder an Bäumen, die vor Laubausbruch entästet wurden, zunächst weitlumigere Zellen, denen eine oder mehrere schmale unverdickte Tracheiden folgen, woraus Hartig und Strasburger schlieſsen, daſs es sich hier um einen erblich fixierten Vorgang handele. Nach Strasburger[4]) steht dieser Vorgang jedoch quan-

[1]) K. G. Lutz, Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Fünfstück, Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik, Bd. I Abt. 1, 1895 S. 1 ff.

[2]) R. Hartig, Lehrbuch der Anatomie und Physiol. der Pflanzen, 1891 S. 276.

[3]) R. Hartig, Ein Ringelungsversuch. Allg. Forst- und Jagdzeitung, 1889 S. 403, ferner Die Verschiedenheiten in der Qualität und im anatomischen Bau des Fichtenholzes. Forstl. naturw. Zeitschrift, 1892 S. 227.

[4]) E. Strasburger, Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen, 1891 S. 949.

titativ und qualitativ unter dem Einfluſs der auf ihn wirkenden Reize. Hierdurch könnte die Mannigfaltigkeit und Unregelmäſsigkeit der Erscheinung wohl erklärt werden. Wieler und Lutz, die sich gegen die Vererbung aussprechen, werden zu ihrem Widerspruch durch das Auftreten von radial verkürzten Zellen infolge äuſserer Verhältnisse veranlaſst. Dieser Einwand scheint mir aber doch nicht stichhaltig zu sein, da dieselbe Erscheinung, hier die Verkürzung des radialen Durchmessers, durch verschiedene Ursachen bedingt sein kann.

Auch die Anschauung von E. Mer[1]) wäre hier anzuführen, nach welcher die Wachstumsthätigkeit im Frühlinge lebhafter sei und sich bei deren Verlangsamung im Sommer Zellen in geringerer Zahl und Gröſse ausbilden. Eine derartige Verlangsamung der Zellthätigkeit gehört mehr zu dem Problem der Jahresringbildung, einer periodischen Erscheinung, zur Erklärung der Ausbildung des typischen verdickten Herbstholzes scheint sie mir nicht auszureichen. Nach Mer sollen bei der lebhaften Zellteilung im Frühjahr die plastischen Stoffe auch bei guter Ernährung nicht so schnell zu den wachsenden Zellen gelangen können, weshalb die Zellwände dünn blieben. Bei der geringeren Ergiebigkeit des Wachstums im Sommer würden dann die zuwandernden Nahrungsstoffe zur Wandverdickung verwendet, wodurch Herbstholz entstünde. Mer's Anschauung läuft auf eine Modifikation der Ernährungshypothese hinaus.

Wie wir aus dieser Zusammenstellung erkennen, hat sich bisher keine der verschiedenen Anschauungen eine allgemeinere Geltung verschaffen können, trotzdem die einzelnen Arbeiten viel Kritik — besonders der Ergebnisse der anderen Autoren — bringen. Über das beste Untersuchungsmaterial hat sicherlich R. Hartig verfügt, doch sind seine Ansichten nicht konsequent durchgeführt. Im folgenden will ich es versuchen die thatsächlichen Grundlagen unserer Kenntnisse zu erweitern, und an der Hand derselben die einzelnen Hypothesen prüfen.

---

[1]) E. Mer, Sur les causes de variation de la densité des bois. Bulletin de la société botanique de France 39 (1892), S. 95 ff.

Zehntes Kapitel.

Die Veränderungen des radialen Durchmessers der Zellen und der Zellwanddicke unter verschiedenen Verhältnissen.

Wie bekannt, zeichnet sich das typische Spätholz durch die radiale Verkürzung der Tracheiden und durch die Verdickung der Wandung aus. War wie bei der Einwirkung auf das Dickenwachstum der auf die Zellen wirkende Longitudinaldruck bei der Spätholzbildung beteiligt, so mufste sich die Wirkung eines stärkeren Druckes auch in den Gröfsenverhältnissen und der Wandverdickung des Frühholzes erkennen lassen.

Zur Untersuchung dieser Frage schienen mir die im 6. Kapitel beschriebenen Scheiben der Kiefer 39 besonders geeignet zu sein, die infolge der Wirkung einseitigen Druckes und Zuges eine auffallende Exzentrizität des Dickenwachstums aufwiesen. Zur Untersuchung verwendete ich die auf Taf. I Fig. 4 abgebildete Scheibe IV. Durch die äufseren Ringe der einen Scheibenhälfte wurden in ungefähr gleichen Abständen Schnitte in den 9 Richtungen a—i geführt, von denen a an der am stärksten gewachsenen Druckseite, i dieser gerade gegenüber an der am schwächsten gewachsenen Zugseite lag. Die Richtung e befand sich in der Mitte zwischen beiden.

Transpiration und Assimilation der ziemlich umfangreichen Krone, Wasserzufuhr aus dem feuchten Boden, Alter der Jahresringe waren gleich, und wenn auch dem verschieden starken Wachstum entsprechend der Verbrauch an Nahrungsstoffen in den verschiedenen Richtungen der Scheibe ein ungleicher war, so blieb doch die Möglichkeit der Nahrungszufuhr dieselbe. Da ich bei der Bestimmung der Zellgröfsen das Mittel aus 18 resp. 9 Jahren nahm, so waren auch die jährlichen Wachstumsdifferenzen ausgeglichen. Es blieb demnach nur die Verschiedenheit des Druckes übrig.

Die Messungen, welche in Tabelle 101 niedergelegt sind, wurden in der Weise ausgeführt, dafs die Breite des Jahresringes, der Frühholz- und Spätholzzone gemessen und an derselben Stelle die Zellen ausgezählt wurden. Für die Richtungen a, c, e, g, i wurde das Mittel aus den letzten 18 Jahren genommen, während für die Richtungen b, d, f, h nur das Mittel aus den letzten 9 Jahresringen gebildet wurde. Die letzteren dienen gewissermafsen nur zur Ergänzung der übrigen Messungen und wenn auch kleine Unterschiede zwischen den Mitteln aus einer verschiedenen Anzahl von Jahren bestehen mögen, so fallen dieselben hier wenig ins Gewicht, die Mittel aus den 9 Jahren fügen sich gut den Mitteln aus 18 Jahren ein.

Tab. 101. **Kiefer 39,** Scheibe IV.

Richtung	Mittel aus den Jahren	Breite				Zahl der Zellen					Radialer Durchmesser der Zellen			
		Jahresring mm	Frühholz mm	Spätholz mm	Spätholz %	Jahresring	Frühholz	Spätholz	Spätholz %	auf 1 mm Ringbreite	Jahresring mm	Frühholz mm	Spätholz mm	Differenz Frühh. g. Spätholz mm
a (Druck)	1878—1895	4,496	1,888	2,608	58	146	52	94	65	32,5	0,031	0,036	0,028	0,008
b	*1887—1895*	*4,112*	*1,744*	*2,368*	*58*	*127*	*46*	*81*	*64*	*30,9*	*0,032*	*0,038*	*0,029*	*0,009*
c	1878—1895	3,488	1,744	1,744	50	110	45	65	59	31,3	0,031	0,039	0,027	0,002
d	*1887—1895*	*2,032*	*1,296*	*0,736*	*36*	*62*	*32*	*30*	*48*	*30,5*	*0,033*	*0,040*	*0,024*	*0,016*
e	1878—1895	2,224	1,488	0,736	33	64	35	29	45	28,8	0,035	0,042	0,025	0,017
f	*1887—1895*	*1,104*	*0,784*	*0,320*	*29*	*33*	*18*	*15*	*45*	*29,9*	*0,033*	*0,044*	*0,021*	*0,023*
g	1878—1895	1,120	0.832	0,288	25	33	20	13	39	29,5	0,034	0,044	0,020	0,024
h	*1887—1895*	*0,480*	*0,432*	*0,048*	*10*	*14*	*11*	*3*	*21*	*29,2*	*0,034*	*0,038*	*0,016*	*0,022*
i (Zug)	1878—1895	0,400	0,336	0,064	16	13	9	4	31	32,5	0,031	0,037	0,016	0,021

Als Mafsstab für die Gröfse des Dickenwachstums in den verschiedenen Richtungen mufs hier die in Tabelle 101 gegebene mittlere Jahresringbreite dienen, da eine genauere Bestimmung des Flächenzuwachses nur schwer auszuführen gewesen wäre. Die Differenzen im Flächenzuwachs zwischen Druck und Zugseite sind wesentlich bedeutender als die Differenzen der Jahresringbreiten, da an der Druckseite der Scheibenradius beträchtlich gröfser war (vergl. Taf. I Fig. 4). Die Verminderung des Zuwachses mit abnehmendem Druck resp. dem Eintreten der Zugspannung trifft sowohl die Frühholzzone als die Spätholzzone, doch nimmt die Spätholzzone wesentlich stärker ab. Während bei den schmalsten Teilen der Jahresringe das Spätholz weniger als $^1/_{40}$ des Spätholzes an den breitesten Teilen der Ringe ausmacht (2,608 mm zu 0,048 resp. 0,064 mm), beträgt die Frühholzzone der Zugseite noch ca. $^1/_6$ von der Frühholzzone der Druckseite (1,888 mm zu 0,336 mm). Dementsprechend ist das Spätholzprozent mit abnehmendem Druck sehr bedeutend herabgemindert. An der Druckseite beträgt das Spätholz im Mittel 58 % der Ringbreite, an der Zugseite nur noch 16 resp. 10 %. Die Differenz zwischen den Richtungen h und i erklärt sich zum Teil durch die Mittelbildung aus verschiedenen Jahren, zum Teil aus einer Ungenauigkeit der Methode, die sich bei den sehr schmalen Spätholzzonen bemerkbar machte; die Spätholzzonen enthielten hier nur sehr wenige Zellen und der Unterschied von einer Zelle ergab schon einen nicht unbedeutenden Fehler.

So bedeutende Druckdifferenzen, wie sie an dieser Scheibe vorlagen, bewirken demnach nicht nur eine Steigerung des Zuwachses an der Druckseite, sondern auch eine beträchtliche Erhöhung des Spätholzprozentes. Die breitere Seite einer stark exzentrisch gewachsenen Scheibe ist demnach

auch die härtere Seite. Es liegt hier ein Fall vor, bei dem die Steigerung der Wachstumsenergie die relative Menge von Spätholz nicht vermindert hat, was jedoch, wie wir später sehen werden, nicht immer zutrifft.

Analog der Jahresringbreite nimmt auch die Zahl der Zellteilungen ab (Tab. 101). Die Ringe zeigen in der Richtung i nur $^1/_{11}$ der Breite von der Richtung a und ebenso beträgt die Zahl der Zellen bei i nur $^1/_{11}$ der Zahl bei a. Trotz der verschiedenen Menge von Frühholz- und Spätholzzellen stellt sich der mittlere radiale Durchmesser an der Druckseite und Zugseite gleich, im Durchschnitt kommen auf 1 mm Jahresringbreite gleich viel Zellen. In den dazwischen liegenden Richtungen stellt sich der mittlere radiale Durchmesser der Zellen nicht vollständig gleich, doch sind die Differenzen nicht grofs. Diese annähernde Übereinstimmung der Mittelwerte aus allen Zellen der Jahresringe beweist aber noch nicht, dafs der verschiedene Druck auf die Zellgröfse ohne Einflufs sei. Es ist daher notwendig, das Verhalten der Früh- und Spättracheiden gesondert zu betrachten. Da ich nur den radialen Durchmesser der Zellen untersucht habe, beziehen sich meine Angaben nur auf diesen.

Wie aus Tabelle 101 hervorgeht, sind die Spätholztracheiden im Mittel um so gröfser, je breiter der Jahresring ist. Die Steigerung der Wachstumsenergie durch den Druck hat demnach nicht nur eine Zellvermehrung, sondern im Spätholz auch eine Vergröfserung des Zelldurchmessers bewirkt. Derselbe beträgt an der Druckseite 28—29 μ, an der Zugseite nur 16 μ, der Unterschied ist demnach ein sehr beträchtlicher Anders verhalten sich die Frühtracheiden. Die gröfsten Frühtracheiden finden wir in der Richtung f und g mit 44 μ, von hier aus nimmt der radiale Durchmesser sowohl nach der Zugseite (37 μ) als nach der Druckseite (36 μ) ab. Die Vergröfserung der Frühtracheiden entspricht demnach nicht dem Breiterwerden des Jahresringes resp. der Zunahme des Flächenzuwachses.

Dieses Verhalten kann nur durch die Gegenwirkung zweier verschiedener Faktoren erklärt werden. Je gröfser die Wachstumsenergie, desto mehr neigen die Zellen zur Vergröfserung ihres radialen Durchmessers und zwar ist in diesem Falle die Wachstumsenergie und Zellteilungsfrequenz dem Druckreiz entsprechend gesteigert worden. Zugleich aber wirkt der über eine gewisse Gröfse hinaus gesteigerte Druck der Gröfsenzunahme der einzelnen Zellen des Früholzes entgegen. Bei den Spätholzzellen, welche dem Druck ohnehin besser angepafst sind, ist die Steigerung der Wachstumsenergie ausschlaggebend für den radialen Durchmesser, daher in den breitesten Ringteilen die gröfsten Spättracheiden.

Bei den Frühtracheiden wirkt auch die Wachstumsenergie auf die Gröfse der Zellen ein. Wir sehen dies aus dem Kleinerwerden der Zellen bei dem sehr geringen Wachstum an der Zugseite. Der Vergröfserung bei stärkerem Wachstum wirkt aber der gesteigerte Druck entgegen und zwar tritt diese Wirkung bei starkem Druck mehr hervor als der Einflufs der vermehrten Wachstumsenergie. Das Resultat ist eine Verringerung des

radialen Durchmessers der Frühtracheiden in den Richtungen des stärksten Druckes.

Nur bei solchen einander entgegengesetzten Wirkungen ist es verständlich, wie an der Seite des stärksten Druckes die Frühtracheiden eine Verkleinerung, die Spättracheiden zugleich eine Vergröſserung erfahren konnten.

Zugleich ergiebt sich diese Erscheinung als eine Anpassung an die Druckverhältnisse. Würde durch die Steigerung des Druckes nur die Gröſse des Wachstums und hiermit die Zellgröſse vermehrt, so würde ein sehr schwammiges wenig widerstandsfähiges Holz aus sehr groſsen Zellen entstehen, dem wird vorgebeugt, indem bei stärkerem Druck die Zellgröſse der Frühtracheiden vermindert wird.

Bei den breiteren Teilen der Jahresringe ist die Grenze zwischen Frühholz und Spätholz keine scharfe, indem sowohl die Wandverdickung als der radiale Durchmesser der Zellen weniger verschieden ist. Daraus könnten gegen die angewendete Methode Bedenken abgeleitet werden. Man könnte glauben, die Vergröſserung des Mittels der Spättracheiden sei durch Einbeziehung von Frühtracheiden entstanden. Ich habe daher für die Jahre 1892—1895 und die Richtungen a, c, e, g, i die gefundenen Zahlen durch andere Messungen ergänzt. Ich bestimmte die Gröſse der zuerst gebildeten Frühtracheiden, indem ich in jedem der 4 Jahresringe zehnmal je 4 Tracheiden maſs und das Mittel davon nahm. Bei den Spättracheiden waren die äuſsersten 3—5 Tracheiden, welche die Grenze des Jahresringes bildeten, zum Teil wesentlich schmäler als die übrigen Spättracheiden. Ich habe dieselben (Tab. 102) als Grenztracheiden bezeichnet und besonders gemessen. Als äuſsere Spättracheiden sind die an die Grenztracheiden anstoſsenden Zellen bezeichnet. Bei den Grenztracheiden und den äuſsern Spättracheiden sind die erhaltenen Werte die Mittel aus je 10 Messungen von je 3—4 Zellen in jedem Jahresringe.

Tab. 102. **Kiefer 39,** Scheibe IV.

Richtung	Mittel aus den Jahren	Radialer Durchmesser (mm)			Differenz (mm)		
		Erste Frühholz-tracheiden	Äuſsere Spätholz-tracheiden	Grenz-tracheiden	Erste Frühholz-tracheiden gegen äuſsere Spätholz-tracheiden	Erste Frühholz-tracheiden gegen Grenz-tracheiden	Äuſsere Spätholz-tracheiden gegen Grenz-tracheiden
a (Druck)	1892—1895	0,042	0,029	0,018	0,013	0,024	0,011
c	desgl.	0,042	0,027	0,019	0,015	0,023	0,008
e	desgl.	0,049	0,024	0,017	0,025	0,032	0,007
g	desgl.	0,048	0,018	0,016	0,030	0,032	0,002
i (Zug)	desgl.	0,041	0,017	0,016	0,024	0,025	0,001

Naturgemäſs müssen die in den Tabellen 101 und 102 wiedergegebenen Werte von einander abweichen. Während bei der ersten Methode das Mittel aus allen Zellen des Frühholzes resp. des Spätholzes gewonnen wurde, sind durch die zweite Methode extreme Werte bestimmt worden. Das Resultat ist jedoch dasselbe: Abnahme der Gröſse der Spätholztracheiden mit der Verminderung des Wachstums, resp. der Jahresringbreite, Ansteigen und Abfall des Frühholzdurchmessers wie oben. Die Grenztracheiden verändern ihre Gröſse weniger als die äuſseren Spätholztracheiden, wenn auch eine kleine Vergröſserung mit zunehmendem Wachstum stattfindet. An den schmalen Teilen der Jahresringe besteht kaum eine Differenz zwischen den äuſseren Spättracheiden und den Grenztracheiden.

Dieses verschiedene Verhalten von Früh- und Spättracheiden erklärt uns die schon oben angeführte Thatsache, daſs die mittlere Zellgröſse des ganzen Jahresringes relativ wenig schwankt, obgleich das Verhältnis der Zahl von Spät- und Frühtracheiden bei den verschieden breiten Teilen des Jahresringes ein ungleiches ist. Die Vergröſserung des Spätholzes bei vermehrtem Wachstum wird mehr oder weniger durch die Verkleinerung der Frühtracheiden ausgeglichen. Trotz Vermehrung des Spätholzprozentes an der Druckseite wird die mittlere Zellgröſse für den ganzen Jahresring weniger herabgesetzt, da die Spättracheiden hier gröſser sind.

Nachdem wir gesehen haben, daſs der Druck eine Verkürzung des radialen Durchmessers der Frühtracheiden herbeiführen kann, haben wir noch die Einwirkung des Druckes auf die Verdickung der Zellwände zu untersuchen, als der zweiten Eigenschaft, welche die typischen Spätholztracheiden charakterisiert.

Zu diesem Zwecke habe ich in analoger Weise wie für Tabelle 102 die ersten Frühtracheiden, die äuſseren Spätholztracheiden, sowie die Grenztracheiden untersucht und deren tangentiale Wände bei sehr starker Vergröſserung gemessen. In den Zellen der Jahre 1892—1895 wurden für jede Kategorie von Zellen je 10 Messungen der Wanddicke vorgenommen, das Gesamtmittel aus den Jahren 1892—1895 ist demnach für jede Richtung und jede Zellkategorie das Resultat von je 40 Messungen. Auſserdem

Kiefer 39, Scheibe IV, Dicke der tangentialen Zellwände, μ.

Tab. 103.

Richtung	Mittlere Ringbreite 1892—95	Erste Frühholztracheiden					Äuſsere Spätholztracheiden					Grenztracheiden				
		1892	1893	1894	1895	Mittel	1892	1893	1894	1895	Mittel	1892	1893	1894	1895	Mittel
a (Druck)	3,596	5,6	6,3	5,7	7,1	**6,2**	10,0	11,0	10,7	12,4	**11,0**	6,6	6,7	7,4	8,5	**7,3**
c	2,956	4,7	5,2	4,7	4,9	**4,9**	10,9	10,9	11,8	12,1	**11,4**	6,0	7,2	7,4	8,5	**7,3**
e	1,872	4,5	4,7	4,9	4,7	**4,7**	12,4	10,7	14,3	13,3	**12,7**	8,5	6,1	10,2	7,7	**8,1**
g	0,765	4,4	4,1	4,3	4,3	**4,3**	9,2	(7,1)	8,7	10,4	**8,8**	8,4	7,1	8,6	7,6	**7,9**
i (Zug)	0,404	4,2	4,2	4,1	4,3	**4,2**	(7,3)	(6,3)	(6,6)	6,7	**6,7**	7,3	6,3	6,6	6.5	**6,7**

habe ich in Tabelle 103 auch noch die Mittel der einzelnen Jahre aufgenommen. Wo eine Trennung der Grenztracheiden von den äufseren Spätholztracheiden wegen ihrer zu geringen Zahl und ihrer geringen Differenz nicht möglich war (Richtung i und teilweise Richtung g), sind die Werte für die Grenztracheiden auch als äufsere Spätholztracheiden eingesetzt und eingeklammert worden.

Für die einzelnen Richtungen fällt zunächst auf, dafs die Grenztracheiden namentlich an den breiteren Teilen der Jahresringe wesentlich weniger dicke Wände haben als die äufseren Spätholztracheiden. Diese Erscheinung hängt mit der geringeren Gröfse der Grenztracheiden zusammen, die eine so bedeutende Wandverdickung nicht gestattet. An den schmalen Teilen der Ringe besteht in der Gröfse kein scharfer Unterschied zwischen den äufseren Spätholztracheiden und den Grenztracheiden. Daher auch keine so auffallende Differenz in der Wanddicke.

Vergleichen wir die Dicke der ersten Frühtracheiden in den verschiedenen Richtungen (Tab. 103), so finden wir sowohl im Mittel, als bei den einzelnen Jahren die stärkere Wandverdickung an der Druckseite, besonders die Richtung a zeichnet sich durch eine auffallende Steigerung der Wandicke aus. Innerhalb derselben Richtung zeigen die einzelnen Jahre an der Druckseite einige Verschiedenheiten, an der Zugseite sind dieselben jedoch sehr gering.

Die äufseren Spättracheiden zeigen keine gleichmäfsige Abnahme der Wanddicke von der Druckseite nach der Zugseite, wir finden vielmehr das Maximum der Wandverdickung (im Mittel) in der Richtung e. Die geringere Ausbildung der Zellwand an der Zugseite (Richtung g und i) tritt sehr deutlich hervor, doch ist hierbei zugleich die geringere Gröfse der Zellen zu berücksichtigen. Auch bei dem stärksten Druck, in der Richtung a zeigen die Grenztracheiden, welche fast dieselbe Gröfse besitzen wie die äufseren Spättracheiden in den Richtungen g und i Wandstärken, welche den äufseren Spättracheiden der Richtung g und i entsprechen. Es läfst sich daher nicht mit Sicherheit sagen, ob die geringere Wandverdickung an der Zugseite eine direkte Wirkung des Zuges oder durch die Verkleinerung der Zellen bedingt ist. Da jedoch das Kleinerbleiben der Zellen auch durch die Wirkung des Zuges hervorgerufen wird, kann es sich nur um die Frage handeln, ob der Zug direkt oder indirekt die geringere Wandverdickung verursacht. Da unter normalen Verhältnissen die gröfseren Frühholzzellen weniger stark verdickt sind, als die kleineren Spätholzzellen, so kann es nicht auffallen, wenn auch bei den äufseren Spätholztracheiden der Richtungen a und c, welche infolge der Steigerung der Wachstumsenergie gröfser sind, die Wandung weniger stark verdickt ist als bei den äufseren Spättracheiden der Richtung e.

Bei den Frühtracheiden ist unter der Wirkung von Druck und Wachstumsenergie der radiale Durchmesser in einer mittleren Richtung am gröfsten (vergl. auch Tab. 102), dieselhen Faktoren bewirken nun auch bei den Spättracheiden, dafs die Wand in einer mittleren Richtung (e) am

stärksten verdickt ist. Ebenso wie bei den äufseren Spätholztracheiden der radiale Durchmesser von der Druckseite gleichmäfsig abnimmt, finden wir bei den Frühtracheiden eine konstante Abnahme der Wandverdickung von der Druckseite nach der Zugseite.

Es ist demnach anzunehmen — die übrigen Umstände, Alter, Ernährung, Wasserzufuhr als gleich vorausgesetzt — dafs ebenso wie die radiale Ausdehnung der Zellen durch die Wechselwirkung von Druckwirkung und Steigerung der Wachstumsenergie bestimmt wird, auch die Verdickung der Zellwand von denselben Faktoren abhängt.

Zur Ermittelung der im Vorhergehenden besprochenen Differenzen des radialen Durchmessers der Zellen ist es notwendig, stark exzentrisch gewachsene Jahresringe zu betrachten. Waren die Druckdifferenzen geringer, traten auch die Unterschiede in der Gröfse der Zellen weniger hervor. Es entspricht dies meiner früheren Angabe, dafs das Kleinerwerden der Frühtracheiden erst bei der Wirkung eines starken Druckes eintritt.

Kiefer 14 (vergl. S. 177), gerade gewachsen, besafs eine freistehende, gute Krone und zeigte infolge der einseitig stärkeren Einwirkung des Windes exzentrisches Dickenwachstum. Der Radius der Scheibe III (3,4 m über dem Boden) betrug an der breitesten Seite 17,8 cm, an der entgegengesetzten Seite 11,0 cm. Die Schnitte wurden in den fünf Richtungen a—e geführt, a an der breitesten Seite (Druckseite), e an der schmalsten Seite (Zugseite), b, c, d in gleichen Abständen zwischen a und e. Für jedes Jahr des Zeitraumes von 1893—1897 wurden 5 Messungen vorgenommen, so dafs die in Tabelle 104 angeführten Zahlen Mittelwerte aus 25 Messungen sind.

Tab. 104. **Kiefer 14,** Scheibe III.

Richtung	Mittel aus den Jahren	Breite				Zahl der Zellen					Radialer Durchmesser der Zellen			
		Jahrring mm	Frühholz mm	Spätholz mm	Spätholz %	Jahrring	Frühholz	Spätholz	Spätholz %	auf 1 mm Ringbreite	Jahrring mm	Frühholz mm	Spätholz mm	Diff. zwischen Frühholz und Spätholz
a (Druck)	1893—1897	2,152	1,006	1,146	53,2	62,3	22,2	40,1	64,5	28,8	0,035	0,045	0,029	0,016
b	1893—1897	1,811	0,734	1,077	59,5	53	15,1	37,9	71,7	29,3	0,034	0,049	0,028	0,021
c	1893—1897	1,011	0,513	0,498	49,2	30,22	10,76	19,56	64,5	29,9	0,033	0,048	0,025	0,023
d	1893—1897	1,055	0,564	0,491	46,5	30,32	11,80	18,43	61,0	28,7	0,035	0,048	0,027	0,021
e (Zug)	1893—1897	0,945	0,528	0,417	44,1	26,60	10,80	15,80	59,4	28,1	0,036	0,049	0,026	0,023

Die Differenz in der Breite des Jahresringes ist hier wesentlich geringer als bei Kiefer 39, Scheibe IV, immerhin sind die Jahresringe an der Druckseite noch mehr als doppelt so breit wie an der Zugseite, 2,152 mm gegen 0,945 mm. Die Wachstumsenergie ist zwar durch den Druck erhöht

worden, aber nur an der Seite des stärksten Druckes (Richtung a) macht sich eine geringe Verminderung des radialen Durchmessers der Frühholztracheiden geltend. Die Gröfse der letzteren in den übrigen Richtungen ist als gleich zu erachten. Auch in Bezug auf den Durchmesser der Spättracheiden finden wir zwar eine Steigerung in den breiteren Teilen der Ringe, dieselbe ist jedoch gering. Durch den Vergleich mit Scheibe IV der Kiefer 39 werden uns auch diese geringen Differenzen verständlich, da bei der Kiefer 14 dieselben Faktoren nur weniger intensiv thätig sind.

Bei Kiefer 42, einem circa 220jährigen, 23,6 m hohen Stamm mit aufserordentlich geringem Wachstum, dessen äufsere Jahresringe nur wenige Zellen breit waren, blieb es zweifelhaft, ob durch die Druckwirkung eine Verminderung des radialen Durchmessers der Frühtracheiden erzielt wurde (Tabelle 105). Die Zahlen sind Mittel aus je 20 Messungen.

Tab. 105. **Kiefer 42,** Scheibe III.

Richtung	Mittel aus den Jahren	Breite				Zahl der Zellen					Radialer Durchmesser der Zellen			
		Jahrring mm	Frühholz mm	Spätholz mm	Spätholz %	Jahrring	Frühholz	Spätholz	Spätholz %	auf 1 mm Ringbreite	Jahrring mm	Frühholz mm	Spätholz mm	Diff. zwischen Früh- und Spätholz
a (Druck)	1891—1895	0,186	0,165	0,021	11	5,75	4,55	1,20	21	31	0,032	0,036	0,018	18
b	1891—1895	0,252	0,228	0,024	10	6,90	5,55	1,35	20	27	0,037	0,041	0,018	23
c	1891—1895	0,146	0,130	0,016	11	4,85	3,70	1,15	24	33	0,030	0,035	0,014	21
d	1891—1895	0,113	0,098	0,015	13	4,50	3,40	1,10	24	40	0,025	0,029	0,014	15
e (Zug)	1891 u. 1895	0,123	0,110	0,013	11	4,75	3,75	1,00	21	39	0,026	0,029	0,013	16

Die Scheibe III war einem schräg nach aufwärts gerichteten Teile des gebogenen Stammes in der Höhe von 10,95 m entnommen, die Richtung a befand sich wieder an der Druck-(Unter)seite. Die Jahresringe waren aufserordentlich schmal und setzten zum Teil vollständig aus.

In dem Zeitraum von 1877—1895 fehlen

in der Richtung a . . . 0 Ringe
„ „ „ b . . . 1 „
„ „ „ c . . . 2 „
„ „ „ d . . . 4 „
„ „ „ e . . . 7 „

Bei e fehlen die Ringe 1893 und 1894, der Ring 1891 scheint von 1890 nicht getrennt zu sein, es konnten daher nur die Jahre 1892 und 1895 zu den Messungen verwendet werden.

Bei der so geringen Wachstumsfähigkeit dieses Stammes hat der Druck doch noch eine Steigerung der Wachstumsenergie bewirkt, welche sich in der Ringbreite ausdrückt. In der Richtung a ist die durchschnitt-

liche Breite der Ringe etwas kleiner, was auf einer Verschiebung des Druckes oder auf einer zufälligen Differenz beruhen kann. Die Zellen des Frühholzes sind ebenso wie die des Spätholzes um so gröfser, je breiter der Ring ist. Ob nun die Verminderung des radialen Durchmessers in der Richtung a von dem vermehrten Druck herrührt oder mit der Verminderung der Wachstumsenergie an dieser Stelle zusammenhängt, läfst sich nicht entscheiden.

Es wäre daher auch möglich, dafs bei so geringem Wachstum nur jene Wirkung des Druckes zur Geltung kommt, welche die Wachstumsenergie und hiermit die Zellgröfse steigert.

Die Gröfse des radialen Durchmessers der Zellen bei dem Kiefernholz hat auch Wieler an einigen Exemplaren gemessen. Er führt[1]) die ungleiche Streckung der Elementarorgane auf ein Schwanken der Ernährungsverhältnisse zurück. Eine gröfsere Streckung des radialen Durchmessers soll in der Regel Hand in Hand gehen mit einem ausgiebigeren Dickenwachstum des Organs. Man habe daher in der Ausgiebigkeit desselben stets einen Mafsstab für die Ernährung. Je breiter der Ring, um so besser, je schmäler, um so schlechter ernährt sei der Baum, vorausgesetzt, dafs die Scheibendurchmesser annähernd gleich sind. Je breiter nun die Ringe bei gleichem Durchmesser der Scheibe oder je gröfser die Massenproduktion sei, desto gröfser soll der radiale Durchmesser der Frühtracheiden sein, während mit der schlechteren Ernährung eine geringere Streckung Hand in Hand gehe. Hieraus schliefst Wieler nun weiter, wie aus seinen sonstigen Angaben hervorgeht, dafs die radial weniger gestreckten Spätholztracheiden sich infolge schlechterer Ernährung ausbilden.

Ich will hier nicht auf diese Schlufsfolgerungen eingehen, sondern nur die Richtigkeit von Wielers Voraussetzungen prüfen.

H. v. Mohl[2]) sagt, dafs die Üppigkeit oder die Verkümmerung der ganzen Pflanze nicht ohne Einflufs auf die Gröfse ihrer Elementarorgane sei. Die Unterschiede sind jedoch geringer, als man anzunehmen geneigt sein möchte, denn der radiale Durchmesser der Zellen schwankte in seiner mittleren Gröfse bei Wurzeln verschiedener Exemplare von 0,045 mm bis 0,060 mm, allerdings ein bedeutender Unterschied, aber doch klein im Verhältnis zum Gegensatze, in welchem die kaum fingerdicke Wurzel eines verkümmerten Stämmchens, welches in 40 Jahren kaum zolldick wird, zur schenkeldicken Wurzel eines grofsen auf tiefgründigem Boden erwachsenen Baumes steht. H. v. Mohl hebt aber ferner hervor, dafs die Gröfse der Elementarorgane nicht immer in sichtbarer Übereinstimmung mit der Üppigkeit des Wuchses der ganzen Pflanze steht; das gröfste der angegebenen Mafse fand Mohl allerdings in einer Wurzel, welche 7' im Durch-

---

[1]) A. Wieler, Tharander Forstliches Jahrbuch Bd. 42, S. 96 ff. (S. 25 ff. des Separatabzugs).

[2]) H. v. Mohl, Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln. Botanische Zeitung, 1862 S. 238.

messer hatte, das kleinste aber nicht in der Wurzel eines verkümmerten Bäumchens, sondern in der 3" dicken Wurzel eines kräftigen Baumes.

Man kann in dieser Beziehung auch auf den Unterschied zwischen Stammholz und Astholz verweisen, indem letzteres seiner geringeren Wachstumsenergie entsprechend kleinere Zellen ausbildet. Andererseits geht aus den von H. v. Mohl für Wurzel und Stamm von Pinus silvestris angegebenen Durchschnittswerten hervor, daſs die Wurzeln trotz ihres geringeren Dickenwachstums gröſsere Zellen produzieren als der Stamm. Der radiale Durchmesser betrug:

im inneren Teile der Jahresringe	bei der Wurzel	0,052 mm
	bei dem Stamm	0,045 mm
im äuſseren Teile der Jahresringe	bei der Wurzel	0,021 mm
	bei dem Stamm	0,011 mm

Aus diesen Angaben v. Mohls muſs man folgern, daſs die Gröſse der Zellen auſser von der Ausgiebigkeit des Wachstums noch von anderen Faktoren abhängig ist. Bekanntlich zeigen sowohl die Äste als die Wurzeln bei gleichem Ernährungszustande eines Baumes ein geringeres Dickenwachstum als der Stamm. Während nun bei den Ästen im Zusammenhang mit diesem geringeren Wachstum auch kleinere Zellen produziert werden, finden wir bei den Wurzeln trotz ihres geringeren Wachstums radial mehr gestreckte Zellen.

Wie ich früher gezeigt habe (Kap. 2), steigt die Wachstumsenergie namentlich in der Jugend rasch und erleidet im Alter wieder eine Abnahme. Ernährungsverhältnisse modifizieren diesen als groſse Periode des Dickenwachstums bezeichneten Wechsel der Wachstumsenergie, sie sind aber nicht im stande, denselben allein zu erklären. Innerhalb dieser groſsen Periode erleidet die Wachstumsenergie und hiermit die Ringbreite durch äuſsere Faktoren Veränderungen. Dieselbe wird gesteigert einerseits durch die Vergröſserung der Krone resp. die Erhöhung der Assimilationsthätigkeit infolge stärkeren Lichteinfalls, oder durch klimatische Faktoren, andererseits durch die Druckwirkung. Ob man sich die der Kronenvergröſserung entsprechende Steigerung der Energie des Dickenwachstums als einen Reiz vorstellen muſs, den die Ernährung ausübt oder als einen Funktionsreiz, der von der Krone ausgeht, ist gleichgiltig. Jedenfalls entspricht innerhalb gewisser Grenzen der besseren Kronenentwickelung und demnach auch dem besseren Ernährungszustande des ganzen Baumes ein gröſserer Zuwachs, wobei jedoch die Verteilung der Dickenzunahme in verschiedener Stammhöhe von der lokalen Zufuhr der Nahrungsstoffe nicht abhängig ist. Die auf diese Weise bedingte Steigerung der Wachstumsenergie bewirkt bis zu einem gewissen Grade eine stärkere Streckung der Zellen in radialer Richtung. Ebenso findet in der Jugend mit dem Ansteigen der groſsen Periode des Dickenwachstums eine Vergröſserung der Zellen statt, die man aber nicht allein auf die Steigerung der Ernährung zurückführen kann. Ist dagegen die Steigerung der Wachstumsenergie durch den Druckreiz bedingt, so muſs eine Vergröſserung der Zellen nicht eintreten, ja es kann der radiale Durchmesser derselben sogar verkürzt werden.

Wäre die Wielersche Anschauung richtig, so müſsten bei Kiefer 39, Scheibe IV, die gröſsten Frühtracheiden an den breitesten Teilen der Jahresringe zu finden sein (vergl. Tab. 101 und 102). Die Zellen wären in der Richtung a und b wesentlich besser ernährt, als in der Richtung f und g, da die mittlere Ringbreite bei a und b 4,496 resp. 4,112 mm, bei f und g nur 1,104 resp. 1,120 mm beträgt. In Wirklichkeit ist der radiale Durchmesser der Frühtracheiden bei a 36 μ, bei g dagegen 44 μ. Ferner ist der mittlere Durchmesser der Frühtracheiden in der Richtung b und h gleich groſs, obwohl die Ringbreite (4,112 mm gegen 0,480 mm) und in noch höherem Maſse der Flächenzuwachs sehr verschieden ist. Auch müſsten die mittleren Durchmesser aller Zellen an den breiteren Seiten wesentlich gröſser sein, was ebenfalls nicht zutrifft. Die Wielersche Annahme ist demnach nicht richtig.

Zu weiterer Beleuchtung der vorliegenden Frage dienen die Untersuchungen an der Kiefer 25. Diese Kiefer war bei der Fällung am 9. Dezember 1895 157 Jahre alt, 29 m hoch und mit einer starken Krone versehen. Wie aus den früheren Angaben (S. 39) und Tabelle 10 hervorgeht, hatte das Wachstum dieses Stammes zur Zeit der Fällung seinen Höhepunkt bereits überschritten.

Die Scheibe III, in einer Höhe von 10,3 m über dem Boden dem Stamm entnommen, war 129 Jahre alt und infolge einseitigen Druckes exzentrisch gewachsen. Der nach Südosten gelegene Radius der breitesten Seite betrug im Jahre 1895 273,92 mm, der nach Nordwesten gelegene Radius nur 182,66 mm. Die Tabellen 106 und 107 sollen uns zum Vergleich der Zellgröſsen an der breiten Südostseite und der schmalen Nordwestseite dienen. In der Tabelle 106 sind die radialen Durchmesser der Zellen nach der ersten S. 248 angegebenen Methode gewonnen (wie bei Tab. 101), die Zellenzahl jedoch nur an zwei Stellen jeder Seite bestimmt. Die radialen Zelldurchmesser, welche in Tabelle 107 angegeben sind, wurden nach der zweiten Seite 251 angegebenen Methode bestimmt (wie bei Tab. 102), wobei für die ersten Frühtracheiden das Mittel eines Jahres aus 10 Messungen von je 5 Zellen, für die äuſseren Spättracheiden und die Grenztracheiden das Mittel aus je 4 Zellen genommen wurde. Die Mittelwerte einer 5jährigen Periode entsprechen demnach dem Durchschnitt von je 250 resp. 200 Zellen.

Die Differenzen der Jahresringbreite zwischen beiden Seiten sind im jüngeren Alter, etwa bis zum 73. Jahre sehr beträchtlich, mit dem Herabgehen der Ringbreite nehmen dieselben ab, vom 110—129. Jahre hat sogar die Nordwestseite breitere Ringe als die Südostseite, obgleich der Unterschied nicht bedeutend und der Flächenzuwachs auch in diesem letzten Zeitabschnitt wie vorher an der Südostseite gröſser ist.

Nach den Wielerschen Anschauungen müſste der radiale Durchmesser aller Zellen an der breiteren Südostseite gröſser sein, demnach auch bei den Frühholzzellen. Es trifft aber durchgehends gerade das Gegenteil zu (Tab. 106), die Frühholzzellen sind an der Südostseite kleiner als an der

Tab. 106. **Kiefer 25,** Scheibe III.

Mittel aus den Jahren	Alter	Ringbreite, mm		Radialer Durchmesser der Zellen, mm						Differenz zwischen den Durchmessern der Zellen des Früh- und Spätholzes	
				Jahresring		Frühholz		Spätholz			
		SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW
1767—74	1—8	**2,23**	1,53								
75—79	9—13	**2,24**	0,96								
80—84	14—18	**2,36**	1,26	0,029	0,032	0.033	0,037	0,025	0,022	8	15
85—94	19—28	**1,95**	1,50								
95—99	29—33	**3,56**	1,80								
1800—1804	34—38	**5,30**	1,54	0,038	0,036	0,043	0,044	0,027	0,026	16	18
5—14	39—48	**4,12**	1,37								
15—19	49 —53	**3,09**	1,35	0,036	0,038	0,044	0,047	0,027	0,024	17	23
20—24	54—58	1,74	1,76	0,038	0,039	0,048	0,048	0,023	0,024	25	24
25—34	59—68	**2,45**	1,79								
35—39	69—73	**2,45**	1,62	0,034	0,038	0,043	0,048	0,027	0,025	16	23
40—44	74—78	1,30	1,27	0,034	0,036	0,046	0,047	0,025	0,023	21	24
45—54	79—88	1,35	**1,70**								
55—59	89—93	1,16	1,25								
60—64	94—98	1,69	1,57	0,038	0,040	0,048	0,050	0,026	0,026	22	24
65—75	99—109	**1,30**	1,07								
76—80	110—114	0,99	**1,19**	0,036	0,040	0,049	0,051	0,023	0,025	26	26
81—85	115—119	0,99	**1,28**	0,039	0,041	0,050	0,052	0,023	0,025	27	27
86—90	120—124	0,56	**0,83**	0,038	0,039	0,049	0,050	0,017	0,021	32	29
91—1895	125—129	0,93	**1,08**	0,037	0,039	0,049	0,050	0,022	0,024	27	26
Radius der 129 Jahresringe (1767—1895)		273,9 mm	182,7 mm								

Tab. 107. **Kiefer 25,** Scheibe III.

Jahr	Alter, Jahre	Ringbreite mm		Spätholz %		Radialer Durchmesser: Erste Frühtracheiden μ		Radialer Durchmesser: Äufsere Spättracheiden μ		Radialer Durchmesser: Grenztracheiden μ	
		SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW
1780	14	**2,02**	0,83	59	20	37	33	23	24	17	15
1781	15	**2,75**	1,33	55	22	38	43	20	23	18	15
1782	16	**2,93**	1,84	36	16	38	44	23	25	17	16
1783	17	**2,16**	1,17	52	36	32	44	23	23	19	17
1784	18	**1,97**	1,14	29	29	38	46	23	25	17	16
Mittel 1780—84		**2,36**	**1,26**	**46**	**24**	**37**	**42**	**22**	**24**	**18**	**16**
1815	49	**2,46**	1,90	27	14	45	47	25	23	20	12
1816	50	**2,56**	1,66	42	22	47	49	26	25	15	19
1817	51	**3,66**	1,54	28	26	40	55	25	27	18	17
1818	52	**3,70**	0,94	43	36	50	53	25	25	16	16
1819	53	**3,07**	0,69	23	29	51	48	26	24	18	18
Mittel 1815—1819		**3,09**	**1,35**	**33**	**27**	**47**	**50**	**25**	**25**	**17**	**16**
1835	69	**2,54**	1,57	43	30	50	51	25	25	17	17
1836	70	**2,54**	1,81	49	28	44	51	25	26	18	19
1837	71	**2,24**	1,68	43	30	44	53	18	27	18	21
1838	72	**2,34**	1,22	47	25	39	53	27	29	18	20
1839	73	**2,58**	1,86	44	23	43	52	24	25	18	20
Mittel 1835—39		**2,45**	**1,62**	**45**	**27**	**44**	**52**	**24**	**26**	**18**	**19**
1881	115	0,80	**1,31**	22	20	51	56	21	27	17	21
1882	116	0,94	**1,92**	20	18	53	57	24	24	18	17
1883	117	1,01	**1,23**	25	32	56	56	22	29	20	19
1884	118	**1,36**	0,99	31	28	59	55	26	29	20	19
1885	119	0,88	**0,94**	18	28	55	57	22	28	22	22
Mittel 1881—85		**0,99**	**1,28**	**24**	**26**	**55**	**56**	**23**	**27**	**19**	**20**

schmalen Nordwestseite, und nur in der Periode von 1820—24, wo die Jahresringe fast gleiche Breite haben, sind die Frühtracheiden gleich. Die Differenzen in der Zellgröfse sind teilweise gering, da man aber in allen gemessenen Perioden die Frühtracheiden an der Südostseite kleiner findet, kann man dies nicht auf Messungsfehler zurückführen, da in diesem Falle doch das eine oder andere Mal der gröfsere Zelldurchmesser auch auf der Nordwestseite liegen müfste. In derselben Weise wie bei Kiefer 39 der Steigerung des Wachstums entsprechend die Gröfse der Spättracheiden zunimmt, finden wir hier ebenfalls die Spättracheiden an der breiteren Seite der Jahresringe gröfser als an der schmäleren Seite. In den Jahren 1820—24 und 1860—64, wo die Jahresringe an beiden Seiten beinahe gleich breit sind, sind auch die Spättracheiden entweder vollständig oder doch

beinahe gleich. Bis zum 78. Jahre (1844) liegt die gröfsere Breite der Spättracheiden auf der Südostseite, in den Jahren 1876—95 auf der Nordwestseite entsprechend der gröfseren Ringbreite auf dieser Seite.

Die durchschnittliche Gröfse aller Zellen ist durchwegs auf der Südostseite geringer mit einziger Ausnahme des Zeitraumes von 1800—1804, in welchem der Unterschied zwischen den Ringbreiten beider Seiten auffallend grofs ist, 5,30 gegen 1,54 mm.

Fassen wir die Ursachen dieser Veränderungen des Durchmessers der Früh- und Spättracheiden ins Auge, so kann man für das Kleinerbleiben der Frühtracheiden auf der Südostseite den vermehrten Druck nur zum Teil als Ursache dafür ansehen. Ich schliefse dies aus dem Verhalten der Jahre 1876—95, wo die Ringbreite und ebenso der radiale Durchmesser der Frühtracheiden auf der Nordwestseite gröfser ist. Allerdings ist der Flächenzuwachs auf der Südostseite etwas gröfser oder annähernd gleich, aber nach meinen sonstigen Erfahrungen mufs ich annehmen, dafs bei schmalen Ringen, wie sie hier vorliegen, nicht der Druck, sondern die in der Ringbreite ausgesprochene Wachstumsenergie die Gröfse der Zellen stärker beeinflufst. Im jüngeren Alter der Scheibe dagegen, wo auch an der schmalen Nordwestseite noch eine hinreichende Wachstumsenergie vorhanden ist, dürfte das Kleinerbleiben der Frühtracheiden nur durch den erhöhten Druck auf der Südostseite, der zugleich wie bei Kiefer 39 die Wachstumsenergie gesteigert hat, zu erklären sein.

Die Auffassung, dafs bei stark vermindertem Wachstum die Ausgiebigkeit des Wachstums über die Gröfse der Zellen entscheidet, wurde mir schon durch die Beobachtungen an Kiefer 42 (S. 255) nahe gelegt, weitere Angaben hierüber finden wir bei der Betrachtung der Scheibe II der Kiefer 25, aber auch die in der Tabelle 107 nach der zweiten Methode gefundenen Zahlen liefern uns eine Bestätigung dieser Ansicht. Nach Tabelle 107 sind die ersten Frühtracheiden der Südostseite durchwegs kleiner mit Ausnahme der Jahre 1780, 1819 und 1884. Die Jahre 1780 und 1819 zeichnen sich nun gerade im Vergleich zu den benachbarten Jahren durch auffallend starkes Herabgehen der Ringbreite aus. Wir haben es demnach hier mit denselben Verhältnissen zu thun, wie bei Kiefer 39 (Tab. 101 und 102), wo in den Richtungen h und i mit der starken Verminderung der Ringbreite auch der Durchmesser der Tracheiden herabgeht.

In der Periode 1881—85 (Tab. 107) zeigen durchwegs die breiteren Ringe die gröfseren Frühtracheiden, wobei das Jahr 1884 auf der Südostseite, die übrigen Jahre auf der Nordwestseite die breiteren Ringe aufweisen. Wir finden hier demnach dieselben Verhältnisse, wie sie uns Tabelle 106 für die Jahre 1876—95 wiedergiebt: der gröfsere Zelldurchmesser liegt auf der breiteren Seite, während in den jüngeren Perioden gerade die breiteren Ringe die kleineren Zellen aufweisen. Ich mufs demnach auch hier annehmen, dafs bei einem an sich geringeren Wachstum die Steigerung der Wachstumsenergie einen gröfseren Einflufs hat als jene Druckwirkung, welche die Verkleinerung der Zellen herbeiführt.

An den äufseren Spättracheiden sind bei den einzelnen Jahren (Tab. 107) mehrfache Schwankungen zu beobachten, die wohl damit zusammenhängen, dafs die Bildung von schmalen Grenztracheiden etwas früher oder später eintritt, was bei Tabelle 106 weniger hervortritt als bei Tabelle 107, da bei der ersten Methode alle Spättracheiden, bei der zweiten Methode nur die 4 äufseren Spättracheiden gemessen wurden.

Im Anschlufs an die Verhältnisse bei gleichaltrigen Ringen sei noch auf die mit dem verschiedenen Alter zusammenhängenden Unterschiede der Zellgröfsen verwiesen. Schon Wieler[1]) erwähnt eine allmähliche Zunahme des radialen Durchmessers der Tracheiden des Frühholzes mit dem Alter. Dasselbe können wir auch an Kiefer 25 Scheibe III konstatieren, doch ist, wie auch aus den Wielerschen Zahlen hervorgeht, die Zunahme keine gleichmäfsige. Es ist dies zum Teil durch die Verschiedenheit der Wachstumsgröfse in den einzelnen Perioden, zum Teil durch den Einflufs einzelner besonders günstiger oder ungünstiger Jahre,

Tab. 108. **Kiefer 25,** Scheibe II.

Mittel aus den Jahren	Alter	Ringbreite mm		Radialer Durchmesser der Zellen, mm						Differenz zwisch. den Durchmess. der Zellen des Früh- u. Spätholzes	
				Jahresring		Frühholz		Spätholz			
		SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW
1748—54	1—7	4,71	4,00								
55—59	8—12	3,17	1,98	0,036	0,034	0,041	0,040	0,026	0,026	15	14
60—64	13—17	2,16	1,48	0,034	0,034	0,043	0,043	0,027	0,026	16	17
65—74	18—27	1,41	0,86								
75—79	28—32	1,69	0,84	0,033	0,032	0,046	0,044	0,026	0,023	20	21
80—84	33—37	1,16	0,75	0,033	0,031	0,043	0,046	0,026	0,022	17	24
85—94	38—47	2,75	1,36								
1795—1804	48—57	2,70	1,80								
1805—14	58—67	2,41	1,63								
15—19	68—72	2,71	1,92	0,036	0,037	0,048	0,050	0,028	0,028	20	22
20—24	73—77	2,33	1,81	0,037	0,038	0,046	0,049	0,027	0,028	19	21
25—34	78—87	2,74	1,82								
35—39	88—92	3,67	1,51	0,038	0,038	0,048	0,048	0,028	0,028	20	20
40—44	93—97	2,02	1,68	0,037	0,036	0,047	0,047	0,026	0,027	21	20
45—54	98—107	2,16	1,64								
55—64	108—117	2,06	1,48								
65—75	118—128	1,57	1,20								
76—80	129—133	1,05	0,87	0,037	0,036	0,050	0,047	0,024	0,024	26	23
81—85	134—138	1,40	1,14	0,036	0,037	0,047	0,045	0,026	0,028	21	17
86—90	139—143	0,99	0,95	0,037	0,036	0,048	0,047	0,025	0,026	23	21
91—95	144—148	1,22	1,08	0,037	0,035	0,048	0,045	0,024	0,024	24	21
Radius der 148 Jahresringe 1748—1895		330,4	227,2								

[1]) l. c. S. 23 des Separatabzugs.

auch durch das Auftreten von Fraſsjahren bedingt. Die Spätholzzellen zeigen auch hierbei eine gröſsere Unregelmäſsigkeit.

Da demnach die Zellgröſse von verschiedenen Faktoren, deren Zusammenwirken wir nicht vollständig übersehen können, abhängt, darf es uns auch nicht wundern, wenn wir nicht immer mit gleicher Deutlichkeit die Wirkung des Druckes und der Gröſse der Wachstumsenergie ausgesprochen finden. So bei Scheibe II derselben Kiefer 25 (Tab. 108), wo sich zwar zum gröſsten Teil dieselben Veränderungen in der Zellgröſse, wie bei Scheibe III finden, aber doch einzelne Abweichungen bemerkbar machen. Die Zahlen der Tabelle 108 sind auf dieselbe Weise gewonnen wie bei Tabelle 106.

Haben wir bisher gesehen, daſs an demselben Stamme Differenzen in der Zellgröſse zu finden sind, so tritt dies natürlich noch schärfer hervor, sobald wir verschiedene Stämme vergleichen, die unter wesentlich anderen äuſseren Bedingungen gewachsen sind. Wir können in diesem Falle nicht entscheiden, inwieweit das Kleinerbleiben der Zellen durch geringere Wachstumsenergie oder durch erhöhten Druck hervorgerufen worden ist. Immerhin ist es lehrreich, auch hierfür ein Beispiel zu geben.

Ich wählte zu diesem Zwecke die Kiefern 8 und 29, welche ein sehr verschieden starkes Dickenwachstum aufwiesen. Kiefer 8, auf armem, sehr trockenem Boden erwachsen, zeigte in Brusthöhe bei der Fällung einen Durchmesser von 140 mm, Kiefer 29 unter sehr günstigen Bodenverhältnissen wachsend einen Durchmesser von 312 mm, obgleich die letztere Kiefer ca. 8 Jahre jünger war. Die Verschiedenheit des Dickenwachstums geht auch aus dem Vergleich der Ringbreiten und des Flächenzuwachses der einzelnen Perioden hervor (Tab. 109 und 110). Zellgröſse und Ringbreite sind nur in einer Richtung der Scheiben bestimmt worden.

Wie wir aus dem Vergleich der Tabellen 109 und 110 ersehen, ist die durchschnittliche Gröſse aller Zellen eines Jahresringes bei der unter ungünstigeren Verhältnissen gewachsenen Kiefer 8 wesentlich kleiner, was zum Teil von dem höheren Spätholzprozent dieses Stammes, zum Teil von der geringeren Streckung der Zellen herrührt. Gröſsendifferenzen bestehen sowohl bei den Frühtracheiden, als bei den Spättracheiden.

Auch die mit dem Alter sich geltend machenden Differenzen in der radialen Streckung der Zellen scheinen bei diesen Kiefern nicht gleich zu sein. Die Scheiben I und VII der Kiefer 8 zeigen zwar in dem Alter von 10—14 resp. 9—13 Jahren kleinere Zellen als die älteren Jahresringe, wie wir aber an Scheibe I sehen, tritt nach dem Alter von 22 Jahren keine Steigerung mehr ein. Bei Kiefer 29 dagegen zeigt sowohl die mittlere Zellgröſse als die Gröſse der Frühtracheiden noch eine weitere Steigerung.[1]) Die Wirkung des verschiedenen Alters macht sich bei Kiefer 29 auch geltend, wenn man die Zellgröſsen für den gleichen Zeitabschnitt (1891 bis

[1]) Ich habe bei meinen Untersuchungen über die Zellgröſse niemals so hohe Werte für den Zelldurchmesser (0,069—0,083 mm für die Frühtracheiden, 0,032—0,048 mm für die Spättracheiden) gefunden, wie Wieler (l. c. S. 22) für eine Kiefer aus dem Thüringer Walde angiebt, obgleich

Tab. 109. **Kiefer 8,** Westseite.

Scheibe	Höhe der Scheibe	Mittel aus den Jahren	Alter (Jahre)	Mittl. Flächenzuwachs pro Jahr	Breite				Zahl der Zellen			Radialer Durchmesser der Zellen			
					Jahresring	Frühholz	Spätholz	Spätholz	Jahresring	Frühholz	Spätholz	Jahresring	Frühholz	Spätholz	Differenz Früh- u. Spätholz
	m			qcm	mm	mm	mm	%				mm	mm	mm	μ
I	0,25	1858—62	10—14	3,88	2,406	1,715	0,691	29	79,6	50,4	29,2	0,030	0,034	0,024	10
		1870—74	22—26	4,31	1,549	1,003	0,546	35	49,4	25,9	23,5	0,031	0,039	0,023	16
		1875—79	27—31	5,06	1,735	1,122	0,613	35	55,9	29,4	26,5	0,031	0,038	0,023	15
		1880—84	32—36	6,63	1,520	0,928	0,592	39	50,1	24,7	25,4	0,030	0,038	0,023	15
		1885—89	37—41	4,64	1,059	0,720	0,339	32	34,6	18,7	15,9	0,031	0,038	0,021	17
		1890—94	42—46	5,53	1,139	0,645	0,494	43	38,8	17,1	21,7	0,029	0,038	0,023	15
VII	11,8	1890—94	9—13	2,88	1,790	1,465	0,325	18	58,7	42,2	16,5	0,030	0,035	0,020	15
V	7,6	desgl.	23—27	3,44	1,000	0,642	0,358	36	33,0	16,0	17,0	0,030	0,040	0,021	19
IV	5,5	desgl.	28—32	3,20	0,780	0,514	0,266	34	27,2	13,3	13,9	0,029	0,039	0,019	20
III	3,4	desgl.	32—36	3,35	0,634	0,371	0,263	42	22,8	9,5	13,3	0,028	0,039	0,020	19
II	1,3	desgl.	37—41	3,89	0,862	0,427	0,435	50	32,2	11,8	20,4	0,027	0,036	0,021	15
I	0,25	desgl.	42—46	5,53	1,139	0,645	0,494	43	38,8	17,1	21,7	0,029	0,038	0,023	15

Tab. 110. **Kiefer 29,** Nordostseite.

Scheibe	Höhe der Scheibe	Mittel aus den Jahren	Alter (Jahre)	Mittl. Flächenzuwachs d. Scheibe pro Jahr	Breite				Zahl der Zellen			Radialer Durchmesser der Zellen			
					Jahresring	Frühholz	Spätholz	Spätholz	Jahresring	Frühholz	Spätholz	Jahresring	Frühholz	Spätholz	Differenz Früh- u. Spätholz
	m			qcm	mm	mm	mm	%				mm	mm	mm	μ
II	1,3	1860—64	1—5	2,403	3,61	3,27	0,34	8	120	105	15	0,029	0,030	0,022	8
		1865—69	6—10	9,722	5,02	4,35	0,67	14	141	115	26	0,036	0,038	0,026	12
		1870—75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		1876—80	16—20	21,858	5,09	3,58	1,51	29	128	79	49	0,040	0,045	0,031	14
		1881—85	21—25	30,140	5,46	4,31	1,15	22	136	97	39	0,040	0,045	0,029	15
		1886—90	26—30	28,961	4,39	3,28	1,11	26	106	70	36	0,041	0,047	0,031	15
		1891—95	31—35	33,379	4,22	3,08	1,14	26	98	64	34	0,043	0,048	0,033	15
IV	7,6	1891—95	16—20	16,137	4,05	3,21	0,84	21	105	74	31	0,039	0,044	0,027	17
V	10,5	1886—90	1—5	1,500	3,10	2,69	0,41	14	117	97	20	0,027	0,028	0,021	7
		1891—95	6—10	4,804	4,36	3,80	0,56	13	123	101	22	0,035	0,038	0,026	12

1895) bei verschiedener Stammhöhe vergleicht. Bei Kiefer 8 sind in den Jahren 1890—94 die Zellen der Scheibe VII wegen der Jugend der be-

Kiefer 29 breitere Ringe hatte als dieses Exemplar. Auch H. v. Mohls Angaben stimmen mit meinen überein. Ich kann nicht sagen, wodurch die abnorme Zellgröfse der von Wieler angeführten Kiefer bedingt ist.

treffenden Ringe (9—13 Jahre) kleiner, in den übrigen Stammhöhen ist ein Einfluſs des Alters nicht mehr zu erkennen. Da die unteren Scheiben etwas kleinere Frühtracheiden aufweisen, ist es nicht unwahrscheinlich, daſs der höhere Druck an der Stammbasis einer durch das Alter gegebenen Vergröſserung der Zellen entgegengewirkt hat.

War die Gröſse der Zellen von den äuſseren Verhältnissen abhängig, so muſsten auch Unterschiede zwischen sehr günstigen und ungünstigen Jahren hervortreten. Dies war thatsächlich der Fall. Als Beispiel führe ich das Verhalten der Zellgröſsen bei Kiefer 8 in dem feuchten Jahre 1891 und dem trockenen Jahre 1893 an (Tab. 111). An sämtlichen Scheiben war sowohl die Ringbreite als der Durchmesser der Zellen in dem trockenen Jahre geringer. Die Differenzen traten an den Früh- und Spättracheiden, sowie an dem mittleren Durchmesser aller Zellen in gleicher Weise hervor. Natürlich muſste sich der Unterschied bei einem auf so trockenem Boden gewachsenen Stamme besonders deutlich geltend machen, während auf feuchtem Boden wesentliche Differenzen nicht zu erwarten sind.

Tab. 111. **Kiefer 8,** Westseite.

Scheibe	Ringbreite, mm		Radialer Durchmesser der Zellen, μ					
			Jahresring		Frühholz		Spätholz	
	1891	1893	1891	1893	1891	1893	1891	1893
VII	2,67	1,22	31	27	35	34	22	19
V	1,33	0,59	33	25	42	37	22	16
IV	0,99	0,43	31	22	40	30	20	15
III	0,75	0,30	28	25	40	35	20	15
II	1,21	0,59	28	25	35	34	23	19
I	1,66	0,89	33	28	41	34	24	24
Mittel[1]	1,44	0,67	31,0	26,0	37,7	33,7	22,1	18,7

Schlieſslich möchte ich noch auf den Einfluſs des Nonnenfraſses hinweisen (Tab. 112).

Bei Kiefer 25 hatte der Fraſs 1877, bei Kiefer 8 dagegen 1876 stattgefunden. Die Ringbreite geht bei beiden Kiefern im Fraſsjahre beträchtlich herab, Kiefer 25 zeigt im Nachjahre eine kleine Zunahme, Kiefer 8 eine weitere Abnahme der Ringbreite. Das Spätholzprozent sinkt im Fraſsjahre und zeigt im Nachjahre eine beträchtliche Steigerung.

Die Durchmesser der Früh- und Spättracheiden verhalten sich nicht gleich. Im Fraſsjahre zeigen die Frühtracheiden keine Verminderung ihres Durchmessers, während die Spättracheiden erheblich kleiner bleiben.

Das Verhalten der Frühtracheiden erklärt sich zum Teil dadurch, daſs sie schon gebildet waren, bevor der Fraſs seine Wirkung ausüben konnte. Auſser diesem Umstand dürfte aber auch noch die Verminderung der Druck-

[1]) Das Mittel ist direkt aus der Summe der gemessenen Breiten und Zellenzahlen genommen, nicht aus den hier angegebenen abgerundeten Mittelwerten der einzelnen Jahre.

Tab. 112. Frafswirkung und Zellgröfse.

Kiefer	Scheibe	Richtung	Ringbreite, mm			Spätholz, %			Radialer Durchmesser der Zellen, μ								
									Jahresring			Frühholz			Spätholz		
			Vorjahr	Frafsjahr	Nachjahr	Vorjahr	Frafsjahr	Nachjahr	Vorjahr	Frafsjahr	Nachjahr	Vorjahr	Frafsjahr	Nachjahr	Vorjahr	Frafsjahr	Nachjahr
25	III	Südost	1,28	0,67	0,74	35	7	49	37	42	32	52	52	47	24	16	24
25	III	Nord-west	1,44	0,86	0,95	32	6	40	38	47	35	50	53	49	26	16	24
8	I	West	1,47	1,04	0,72	29	17	83	31	30	23	37	37	30	22	16	22

wirkung in Betracht kommen, welche mit der Kronenlichtung verbunden war. Das Herabgehen der Ringbreite resp. die verminderte Nahrungsstoffzufuhr hat die Gröfse der Zellen nicht in sichtbarer Weise beeinflufst, es wäre jedoch möglich, dafs die mit der Herabsetzung der Nahrungsstoffzufuhr verbundene Gröfsenverminderung durch die gleichzeitige Herabsetzung des Druckes, welche eine gröfsere Ausbildung der Zellen zur Folge haben mufste, kompensiert worden und so keine wesentliche Veränderung der Zellgröfse zu beobachten ist.

Für die Abnahme des Durchmessers der Spättracheiden im Frafsjahre kommt in Betracht, dafs entsprechend dem geringen Spätholzprozent hier überhaupt nur wenig Spättracheiden produziert werden. Es gelangen gewissermafsen nur die Grenztracheiden zur Ausbildung und diese zeigen immer nur eine geringe radiale Ausdehnung.

Im Nachjahre wirken dieselben Faktoren, welche die auffallende Erhöhung des Spätholzprozentes herbeiführen, wahrscheinlich auch auf die Verminderung der Frühtracheiden-Gröfse hin, wobei sich der Einflufs der Ernährung und des nach der Ergänzung der Krone wieder erhöhten Druckes nicht trennen läfst. Die Spättracheiden zeigen im Nachjahre wieder normale Gröfse.

Aus den in diesem Kapitel niedergelegten Thatsachen geht hervor, dafs die radiale Streckung der Zellen von sehr verschiedenen Faktoren und nicht allein von den Ernährungsverhältnissen abhängig ist. Durch den Druck kann eine Verkürzung des radialen Durchmessers der Frühtracheiden und zugleich eine stärkere Verdickung der Zellwand herbeigeführt werden, wobei jedoch andere das Wachstum steigernde Faktoren diesem Einflusse des Druckes entgegenwirken können. Wenn auch unter ungünstigeren Wachstumsverhältnissen kleinere Zellen gebildet werden, so darf man doch daraus nicht den Schlufs ziehen, dafs die Bildung des Spätholzes durch ein Nachlassen der Ernährung verursacht wird, da auch bei lokaler Steigerung des Wachstums, woraus man auf eine bessere Ernährung schliefsen zu müssen glaubte, kleinere Zellen gebildet werden können als bei geringerem Wachstum.

Elftes Kapitel.

Differenzen in der Ausbildung verschieden alter Jahresringe.

Trotz der mannigfaltigen Arbeiten, welche die Anatomie des Kiefernholzes behandeln, bedürfen die Angaben über die verschiedene Ausbildung der Tracheiden einer weiteren Vervollständigung, die sich auf den Vergleich der verschiedenen Altersstadien und der unter verschiedenen äufseren Bedingungen gewachsenen Sprofsachsen zu stützen hat.

Eine auffallende Differenz zwischen Frühholz und typischem Spätholz besteht durchaus nicht von Anfang an. Untersuchen wir den an das Mark angrenzenden ersten Jahresring des Stammes in verschiedenen Höhen, so sind die Zellen durchwegs kleiner und auch in radialer Richtung weniger gestreckt als in älteren Jahresringen. Die Differenz zwischen den zu verschiedenen Zeiten gebildeten Tracheiden in Bezug auf ihren radialen Durchmesser ist gering oder sie kann ganz zurücktreten, und erst die Grenztracheiden zeigen eine etwas auffallendere Abplattung. Ebenso sind Differenzen in der Wandverdickung in der Regel kaum vorhanden. Im Laufe der ersten Jahre tritt der Gegensatz zwischen Frühholz und Spätholz deutlicher hervor, indem letzteres dickwandiger wird und die Zellen kleiner[1]) bleiben. In den ersten Jahren hebt sich das Spätholz wegen seiner geringeren Wandverdickung und den geringeren Gröfsendifferenzen wenig von dem Frühholz ab, was besonders dann zu bemerken ist, wenn die Jahresringe, wie am Stamm die Regel ist, in den ersten Jahren eine beträchtliche Breite haben, d. h. den mechanischen Ansprüchen durch ausgiebiges Dickenwachstum der Achsen Genüge geleistet wird.

Wie ich schon früher (vergl. S. 238) hervorgehoben habe, halte ich es nicht für gerechtfertigt, wie Wieler es gethan hat, diese kleineren Zellen einfach als Spätholz (Herbstholz) zu bezeichnen, da sie in den folgenden Jahren allmählich in die Frühholzzellen übergehen und da die Leitungsfunktion hier entschieden überwiegt.

Ein Umstand, welcher vielfach zu falschen Schlufsfolgerungen geführt hat, ist das Auftreten jener verdickten Zonen in den ersten Jahresringen, die ch als Druckzone bezeichnete (S. 237). Sanio[2]) sagt über dieselben: „Unter-

---

[1]) Die Gröfsenangaben beziehen sich hier und im folgenden durchwegs nur auf den radialen Durchmesser der Tracheiden.

[2]) C. Sanio, Pringsheims Jahrbücher f. wiss. Bot. IX. 1872, S. 101.

sucht man den inneren Teil des unteren Stammendes oder fingerstarke Stämme an der Basis mit der Lupe auf der glattgeschnittenen Querfläche, so findet man in den inneren Jahrringen stets mehr oder weniger breite, bräunliche, unvollständige, d. h. nicht ringförmig geschlossene Bänder, welche Ähnlichkeit mit den braunen Bändern des Herbstholzes haben. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dafs diese Bänder aus stärker verdickten, gelbgefärbten, in den innersten Jahrringen stets differenziert verholzten und deshalb spiralig gestreiften Holzzellen bestehen. Der radiale Durchmesser der Zellen dieser Bänder ist in den inneren Jahrringen nicht auffallend verschieden von dem der benachbarten dünnwandigen Zellen, in den äufseren Jahrringen alter Stämme dagegen nahe oder beim Beginn des Herbstholzes bedeutend verkürzt, so dafs die Zellen tafelförmig, wie in der Herbstgrenze werden. Zuweilen markieren sich im Frühlingsholze auch Bänder nur durch geringeren radialen Durchmesser der Zellen vor den benachbarten, gleich stark verdickten Zellen.“ Sanio giebt ferner an, dafs sich solche Bänder sowohl unmittelbar neben der Herbstgrenze des vorhergehenden Jahresringes im Frühlingsholze befinden können, oder im mittleren und äufseren Teile des Jahresringes vor den Zellen der Herbstgrenze. In seltenen Fällen endlich findet man diese Zellen sogar in der Herbstgrenze. „Manchmal besteht auf der stärker entwickelten Seite des Stammes der gröfste Teil des Jahrrings oder der ganze Jahrring aus differenziert verholzten dickwandigen Zellen. Da diese Bänder stärker verdickter Zellen sich bedeutend, die Herbstgrenze der innersten Jahrringe dagegen nur unbedeutend durch engere, aber kaum oder gar nicht stärker verdickte Zellen markieren, so wird hier das Zählen der Jahrringe manchmal sehr schwierig.“

Ich bezeichne diese „Bänder“ Sanios als „Druckzonen“, weil ihre Bildung durch einseitigen Druck hervorgerufen wird. Diese Beziehung zum Druck spricht sich schon in der Form aus, welche diese Zonen auf dem Querschnitte durch die Sprofsachse aufweisen. Trotz wechselnder Breite der Zonen ist ihre Form immer halbmondförmig, wobei namentlich die beiden Enden der Sichel nicht scharf markiert sind. Kleinere Druckzonen nehmen nur etwa ein Viertel eines Jahresringumfanges ein, aber selbst die breitesten Druckzonen überschreiten niemals den halben Umfang eines Ringes, auch dann nicht, wenn der Jahresring in seiner ganzen Breite von solch stark verdickten Zellen eingenommen wird. Die Breite der Zone ist dort am gröfsten, wo der Druck am gröfsten ist, bei einseitiger Druckwirkung wird immer die entgegengesetzte Seite dem Zug ausgesetzt sein, in einer neutralen Mittellinie hört der Druck auf, welcher in einer auf die neutrale Ebene senkrechten Richtung am stärksten ist. In dieser Richtung nun liegt die gröfste Breite der sichelförmigen Druckzone.

In demselben Jahresringe können mehrere Druckzonen nacheinander entstehen, deren gröfste Breite in verschiedener Richtung liegen kann. Namentlich bei aufrechtwachsenden Sprofsachsen treten solche Verschiebungen in demselben Ringe oder in den aufeinander folgenden Ringen

auffallend hervor. Bei horizontal oder schiefgestellten Seitenzweigen befinden sich die Druckzonen in der dem Druck ausgesetzten Unterseite. Die Richtung der gröfsten Breite der Druckzonen zeigt jedoch Schwankungen nach rechts und links. Liegen in demselben Jahresringe zwei Druckzonen verschiedener Richtung nahe zusammen, so kann man bei oberflächlicher Betrachtung glauben, eine Druckzone wäre über einen gröfseren Teil als den halben Umfang eines Ringes ausgebreitet, bei näherer Betrachtung erkennt man jedoch immer die Zusammensetzung aus zwei verschiedenen aufeinander folgenden Druckzonen, die jede für sich allein einen Halbkreis nicht überschreiten.

Solange die Sprofsachsen dünn sind, also in den ersten Jahren, bleiben die Druckzonen gesondert, wobei sie ebenso im Anschlufs an die vorjährige Ringgrenze, als in der Mitte oder im äufseren Teile eines Ringes auftreten können. Sie zeichnen sich häufig, jedoch nicht immer, durch die gelbliche Färbung der verdickten Membran aus, was Sanio als differenzierte Verholzung bezeichnet. Diese Färbung ist nicht immer vorhanden, wenn sie auch eine dichtere Beschaffenheit der Membran andeuten mag. Die Zellen der typisch ausgebildeten Druckzonen besitzen immer stärker verdickte Membranen als die Zellen, welche die Druckzone umgeben. Die Membranverdickung ist um so stärker, je breiter die Druckzone ist, also wie wir annehmen müssen, je gröfser der einseitige Druck war. Doch kommt dabei auch die Lage der Zone im Jahresringe und die Wachstumsgröfse in Betracht, im Innern des Ringes und bei starkem Wachstum bleibt die Verdickung geringer, ebenso wie an den schmalen Druckzonen. Doch können sich auch solche schmale Druckzonen durch ihre gelbliche Färbung der Membran gut markieren.

Die Gröfse der Zellen in den Druckzonen ist sehr häufig geringer als die der benachbarten Zellen, es entspricht dies den Wirkungen des Druckes auf Frühholzzellen, wie wir sie im vorigen Kapitel kennen gelernt haben. Wir haben dort gesehen, dafs der Druck eine Verkürzung des radialen Durchmessers der Frühtracheiden und eine Verdickung der Zellwand hervorruft. Beide Wirkungen finden wir sehr häufig in den Druckzonen. Wir haben jedoch auch gesehen, wie die Steigerung der Wachstumsintensität die Zellgröfse erhöht. Zugleich mit der Bildung der Druckzonen findet nun der Wirkung des Druckes auf das Dickenwachstum entsprechend eine Förderung des Dickenwachstums an derselben Seite statt, an welcher die Druckzone gebildet wird. Diese Förderung des Dickenwachstums kann nun die Verkürzung des radialen Durchmessers durch die Druckwirkung ausgleichen oder unter Umständen sogar überkompensieren, infolgedessen können die Zellen in der Druckzone ebenso grofs oder sogar etwas gröfser werden als die benachbarten Zellen oder als die gleichzeitig an der Zugseite gebildeten unverdickten Zellen.

Eine Kiefer, No. 45 hatte ich seit Jahren im Gewächshause kultiviert, dieselbe zeigte wegen Beengung der Wurzeln in dem Glasgefäfs nur geringes Wachstum, ihre Höhe betrug im 10. Jahre nur 92 cm. Diese

Kiefer wurde am 21. April 1898 untersucht, wobei sich herausstellte, dafs in der Höhe von 67 cm über dem Wurzelansatz das Wachstum bereits begonnen hatte und zwar war dieser Sprofsteil exzentrisch gewachsen. Die breite Seite war von einer Druckzone eingenommen, welche, an die vorhergehende Jahresringgrenze anstofsend, am 21. April bereits 9—11 Zellen gebildet hatte. An der entgegengesetzten Seite waren dagegen nur 1 bis 2 Zellen gebildet. Die verdickten Zellen der Druckseite zeigten im Mittel einen radialen Durchmesser von 19,4 μ, die Zellen der entgegengesetzten Seite von 19,5 μ, die Zellen sind demnach gleich grofs, was durch die Steigerung des Zuwachses zu erklären ist.

Ist das Wachstum an sich ausgiebig, wobei dann auch die Verdickung der Zellwand mehr zurücktritt, macht sich die Steigerung der Zellgröfse bei einseitig begünstigtem Wachstum nicht mehr in dem Mafse geltend. Die Druckwirkung bewirkt hier vielmehr ein Kleinerbleiben der Zellen in der Druckzone, wobei ihre Wand verdickt werden oder gleich dick bleiben kann. Im letzteren Falle erkennt man demnach die Druckzone nur an der Kleinheit der Zellen.

Schon an den ersten Jahresringen können nach aufsen liegende Druckzonen ohne Unterbrechung in die Spätholzzone übergehen. An dickeren Sprofsachsen finden wir diese Erscheinung fast allgemein, getrennte Druckzonen sind selten. Es scheint mir dabei weniger auf die Zahl der Jahresringe als auf die Dicke der Sprofsachsen anzukommen, indem bei dünnen Sprofsachsen etwas länger getrennte Druckzonen vorkommen als an dicken Sprofsachsen. Man kann daher auch nicht ein bestimmtes Alter angeben, von dem angefangen die getrennten Druckzonen aufhören. Bei dünneren Stämmen hören die getrennten Druckzonen etwa mit dem 8. bis 10. Jahre auf, während dies an schnellwüchsigen Stammteilen schon mit dem 4.—5. Jahre eintritt.

Ein prinzipieller Unterschied zwischen den durch Druckwirkung entstandener Zonen und der eigentlichen Spätholzzone besteht nicht, indem beide mechanische Gewebe darstellen, bei deren Bildung der Druckreiz in hervorragendem Mafse beteiligt ist. Wir dürfen uns daher auch nicht wundern, wenn die Druckzonen so allmählich in die Spätholzzonen übergehen, dafs unter Umständen eine Trennung beider überhaupt nicht mehr möglich ist. Bei ungleichseitigem Drucke ist auch die Spätholzzone an der Seite stärkeren Druckes breiter.

R. Hartig,[1]) welcher das Rotholz richtig als Festigungsgewebe erkannte, hat an der Fichte gezeigt, dafs sich „Rotholz" in jenen Teilen der Sprofsachsen bildet, welche mechanisch stärker in Anspruch genommen werden. Es bildet sich dies mit unseren Druckzonen identische Gewebe, bei den einseitiger Windwirkung ausgesetzten Stämmen an der dem Winde abgewendeten Seite, bei schiefgestellten Stämmen ebenfalls an der Druckseite, bei Ästen an der stärker belasteten Unterseite oder bei gebogenen

[1]) R. Hartig, Forstl. naturwiss. Zeitschr. V. Jahrgang 1896 S. 99.

Sprofsachsen immer an derjenigen Seite, welche dem stärksten Drucke ausgesetzt ist. Dasselbe Verhalten fand ich bei der Kiefer, sei es nun, ob es sich wie bei den dünneren Sprofsachsen um isolierte Druckzonen oder bei dickeren Sprofsachsen um dickwandige Zonen handelt, welche kontinuierlich in die äufsere Spätholzzone übergehen. Die oben erwähnte Verschiebung der Druckzonen kann möglicherweise durch die Veränderung der Richtung des einwirkenden Windes, auf welche so dünne| Achsen zu reagieren befähigt sind, erklärt oder auf eine Veränderung der Belastung im Laufe des Wachstums zurückgeführt werden. Andererseits ist jedoch zu berücksichtigen, dafs schon durch die Bildung einer sehr widerstandsfähigen Zone die Druckverhältnisse eine Verschiebung erleiden, infolgedessen weniger verdickte Zellen nun einem stärkeren Drucke unterliegen. In gleicher Weise wird die einseitige Steigerung des Dickenwachstums durch den Druck Veränderungen in der auf die Fläche bezogenen Druckgröfse herbeiführen. Die Verdickung der Zellwände und die Bildung der Druckzonen an der im Wachstum stärker geförderten Seite spricht ebenfalls für die Druckwirkung, da, wie ich schon früher gezeigt habe, der Druck eine solche einseitige Begünstigung des Dickenwachstums hervorbringt.

Bei der Vorliebe mancher Botaniker, alle Verschiedenheiten im Wachstum auf Differenzen in der Ernährung zurückzuführen, müfste es uns wundern, wenn nicht auch die Bildung dieser Druckzonen auf die Ernährung zurückgeführt worden wäre. Thatsächlich hat E. Mer[1]) als Ursache der Bildung des Rotholzes die Anhäufung von Nährstoffen angegeben. Die Thätigkeit des Kambiums soll der Geschwindigkeit, mit welcher die Nährstoffe zuströmen, nicht entsprechen. Demgegenüber konstatierte ich, dafs bei der in Bildung begriffenen Druckzone der Kiefer 45 (vergl. S. 269) an der dickwandige Zellen produzierenden Druckseite und der nur wenige Zellen hervorbringenden Zugseite gleichviel Stärke in der Rinde und den Markstrahlen vorhanden war. Differenzen in der Nahrungsstoffzufuhr können daher weder das ungleiche Wachstum, noch die ungleiche Wandverdickung erklären. Auch würde nach dieser Hypothese Mer's nicht verständlich sein, warum die Stauung überschüssiger Nahrungsstoffe gerade immer an der Seite des stärkeren Druckes stattfindet. Abgesehen davon ist hervorzuheben, dafs Druckzonen auch bei sehr schlecht ernährten Kiefern reichlich vorkommen, wofür Kiefer 43 als Beweis dienen kann, welche als Anflugskiefer in einem alten Bestande unter dem Druck einer benachbarten Eiche nur ein kümmerliches Dasein tristete und trotz ihrer schlechten Ernährung, Druckzonen in reichlicher Menge enthielt. Ebensowenig sind Differenzen im Wassergehalt geeignet, die Bildung so regelmäfsiger, einseitiger, verdickter Zonen zu erklären. Wollte man von der einseitigen Steigerung des Wachstums im Jahresring auf eine günstigere Wasserzufuhr

[1]) E. Mer, De la formation du bois rouge dans le Sapin et l'Epicéa. Comptes rendus de séances de l'Academie des sciences. 1887.

schließen, so würde hiermit die stärkere Wandverdickung an dieser Seite nicht übereinstimmen, da die Wände nach sonstigen Erfahrungen gerade bei geringerer Wasserzufuhr stärker verdickt werden. Auch bildet die Verschiebung der verdickten Zonen, sowie die Thatsache, daſs sich Druckzonen sowohl bei guter als bei schlechter Ernährung, an Bäumen auf trockenem sowie auf dauernd feuchtem Boden bilden, Schwierigkeiten, wollte man diese Druckzonen auf die verschiedene Zufuhr von plastischem Material oder von Wasser zurückführen.

Der nächste Punkt, auf den ich eingehen möchte, ist die Abgrenzung des Spätholzes.

Bei meinen nach vielen Tausenden zählenden Bestimmungen des Spätholzprozentes habe ich die Beobachtung gemacht, daſs in aufeinanderfolgenden Jahresringen die Abgrenzung sehr verschieden deutlich sein kann. Im allgemeinen ergab sich als Regel, daſs in schmalen Jahresringen die Spätholzzone von der Frühholzzone wesentlich schärfer getrennt ist, als in breiten Jahresringen. Da die jüngeren Ringe einer Scheibe immer relativ breiter sind als die älteren Ringe, ergab sich bei den ersteren auch ein mehr allmählicher Übergang vom Frühholz zum Spätholz. Bei den breiteren Ringen sind die inneren Spätholzzellen noch relativ groſs, wenn dieselben auch schon stärker verdickte Membranen besitzen, während bei den schmalen Ringen die stärkere Membranverdickung mit dem Kleinerwerden der Zellen zusammenfällt.

Wie ich schon S. 240 angedeutet habe, stelle ich mir vor, der Druckreiz bleibt bei Beginn einer Wachstumsperiode zunächst latent, und der Effekt des Druckreizes, die Verdickung der Zellwand sowie die Verkleinerung der Zellen tritt erst dann ein, wenn die entgegenwirkenden Faktoren nicht mehr im stande sind, diese Wirkung des Druckreizes aufzuhalten. Der Zeitpunkt, in welchem die Spätholzbildung beginnt und demnach die Breite der Spätholzzone, hängt einerseits von der Gröſse des Druckreizes, andererseits von der Stärke der entgegenwirkenden Faktoren ab. Diese entgegenwirkenden Faktoren finden ihren Ausdruck in der Steigerung der Wachstumsenergie. Je gröſser die letztere ist, desto langsamer wird sich bei gleicher Druckgröſse die Bildung von Spätholz einstellen. Bei breiteren Ringen mit schneller aufeinanderfolgenden Zellteilungen werden zahlreichere Übergangsstufen der Druckwirkung gebildet werden und als solche Übergangsgebilde müssen wir jene Zellen ansehen, welche infolge der gröſseren Wachstumsenergie noch einen relativ gröſseren radialen Durchmesser aufweisen, aber wegen des sich geltendmachenden Effekts der Druckwirkung schon etwas mehr verdickte Wände besitzen. Besteht der Jahresring aus relativ wenigen Zellen, ist demnach die Aufeinanderfolge der Zellteilungen, wie in schmalen Ringen, eine wesentlich langsamere, so fallen Übergangsgebilde fort und die Spätholzzone kommt mehr unvermittelt zur Erscheinung. Ebenso werden unter gröſserem Druck die entgegenwirkenden Faktoren leichter überwunden und die Grenze des Spätholzes schärfer markiert, als unter geringem Druck, bei welchem namentlich auch die Wandverdickung

im Spätholz geringer ist. Wir finden daher namentlich an Kiefern, die auf schlechtem und trockenem Boden erwachsen sind oder bei feuchtem Boden eine geringe Krone haben, die Jahresringe schärfer markiert. Ebenso tritt bei demselben Jahresringe die Spätholzzone in den unteren Stammpartieen schärfer hervor als in den oberen, weil die ersteren schmälere Ringe aufweisen oder einem stärkeren Druck ausgesetzt sind. Da die ersten auf das Mark folgenden Jahresringe einem geringeren Druck ausgesetzt sind, kann die Markierung der Spätholzzone auch dann weniger scharf sein, wenn die Wachstumsenergie relativ gering ist.

Aufser diesen Umständen kommen für die Abgrenzung von Frühholz und Spätholz noch die Veränderungen in den Gröfsenverhältnissen der Zellen in Betracht.

Um dies zu zeigen, ist es notwendig, nochmals auf die exzentrisch gewachsene Scheibe IV der Kiefer 39 zurückzugreifen (vergl. Tab. 101 S. 249). Die Differenz zwischen dem radialen Durchmesser der Früh- und Spättracheiden ist bei den breitesten Teilen der Jahresringe, welche dem stärksten Druck ausgesetzt waren, Richtung a und b, am geringsten. Diese Differenz vergröfsert sich mit dem Schmälerwerden der Jahresringe, sie erreicht ein Maximum in den Richtungen f und g, um bei weiterer Abnahme der Ringbreite wiederum etwas zu sinken. An den breitesten Teilen der Ringe ist der radiale Durchmesser der Frühtracheiden kleiner, der Durchmesser der Spättracheiden relativ grofs, die Zellen sind in der Gröfse einander ähnlicher und damit tritt auch die Grenze zwischen Früh- und Spätholz weniger scharf hervor als an den schmäleren Teilen der Ringe, wo der Übergang vom Frühholz zum Spätholz sehr scharf markiert ist.

Ebenso ist die Differenz in der Gröfse zwischen Früh- und Spättracheiden in den innersten Jahresringen, wo die Spätholzgrenze noch nicht so scharf ist, kleiner. Die Gröfse der Differenz ist jedoch auch von der absoluten Gröfse der Früh- und Spättracheiden abhängig, es entspricht daher nicht immer die gröfsere Differenz einer schärferen Markierung der Spätholzzone.

Die Auseinandersetzungen über die mehr oder weniger scharfe Abgrenzung der Spätholzzone hielt ich für notwendig, um der Ansicht entgegenzutreten, die Bildung der Spätholzzone sei auf eine plötzliche Verminderung der Feuchtigkeit oder die plötzliche Veränderung eines anderen äufseren Faktors zurückzuführen. Am deutlichsten wird eine solche Anschauung durch das Verhalten der Scheibe IV der Kiefer 39 widerlegt. Es wäre widersinnig hier anzunehmen, in der einen Richtung der Scheibe sei eine allmähliche Verminderung der Wasserzufuhr oder vielleicht eine allmähliche Steigerung der Zufuhr an plastischem Material erfolgt, während in anderen Richtungen die scharfe Markierung der Spätholzzone durch eine plötzliche Veränderung dieser Faktoren hervorgerufen sei. Ebenso kann derselbe Jahresring in verschiedener Stammhöhe eine sehr ungleich scharfe Abgrenzung der Spätholzzone aufweisen. Wenn wir auf dauernd sehr feuchtem Boden dieselbe scharfe Begrenzung der Spätholzzone finden, als

auf trockenem Boden, so wird man auch im letzteren Falle nicht an unvermittelte Änderungen der Feuchtigkeitsverhältnisse denken können.

Damit soll jedoch nicht geleugnet werden, daſs durch die Steigerung der Wachstumsenergie, d. h. durch die Begünstigung jener Faktoren, welche der Spätholzbildung entgegenwirken, oder durch die Abnahme der Druckintensität Veränderungen in der Spätholzbildung herbeigeführt werden könnten. Als Beleg hierfür dient die Bildung isolierter Druckzonen in dünnen, jugendlichen Sproſsachsen. Aber auch in älteren Sproſsachsen mit einheitlicher Spätholzzone kommen Differenzen vor, welche aus der Wechselwirkung des Druckreizes und der diesem entgegenwirkenden Faktoren zu erklären sind. So finden wir nicht selten im Innern des Spätholzes eine kleinzelligere Zone, auf welche weitere, wenn auch stark verdickte Zellen folgen. Es rührt dies nicht etwa davon her, daſs die an beiden Enden verjüngten Tracheiden in verschiedener Höhe durchschnitten sind, wir können vielmehr diese kleinzellige Zone auf weite Strecken des Jahresringes verfolgen. In extremen Fällen bildet sich zwischen dieser inneren kleinzelligen, dickwandigen Zone und den äuſseren dickwandigen Spätholztracheiden eine aus groſsen, sehr wenig verdickten Zellen bestehende Zone, die dem Frühholze gleicht. Die an der einen Seite der Scheibe einheitliche Spätholzzone kann sich an einer anderen Seite in zwei getrennte Spätholzzonen auflösen. Derartige Ringe scheint Sanio (l. c. S. 102) beobachtet zu haben, wenn er anführt, daſs sich die von ihm beschriebenen „Bänder“ in den äuſseren Jahresringen vorfinden. Er sagt von diesen nicht differenziert verholzten (nicht gelblich gefärbten) Bändern: „Man findet sie zuweilen im äuſseren Teile des Frühlingsholzes, wo sie sich von den Frühlingsholzzellen durch Dickwandigkeit und meist engeren radialen Durchmesser unterscheiden und den Herbstholzzellen ähnlich werden, ohne indes nach auſsen eine jahrringsartige Begrenzung zu zeigen: sie gehen vielmehr nach auſsen allmählich wieder in die weiteren dünnwandigen Zellen über. In anderen Fällen findet man diese Bänder an der inneren Grenze des Herbstholzes, von dem sie sich durch tafelförmige Verengung und stärkere Verdickung unterscheiden. Das Herbstholz beginnt in einem solchen Falle abnormer Weise mit tafelförmigen, dickwandigen Zellen, auf die schwächer verdickte und weitere Zellen folgen.“

Wenn eine derartige Erscheinung auch durch Veränderungen der Druckverhältnisse bedingt sein könnte, möchte ich doch für viele Fälle eine Steigerung der Wachstumsenergie durch günstigere äuſsere Verhältnisse annehmen, da diese Erscheinung besonders in einzelnen bestimmten Jahren an Stämmen verschiedener Bestände gleichzeitig auftritt. In dem Zeitraum von 1875—1894 war es besonders das Jahr 1883, welches an vielen Stämmen eine solche groſszelligere Zone im Spätholze aufwies. Das Jahr 1883 ist besonders dadurch ausgezeichnet, daſs die Niederschlagsmenge in den Monaten Januar bis Juni (vergl. Tab. 50 S. 124) hinter dem 22-jährigen Mittel (1876—1897) durchwegs und zwar in einzelnen Monaten sehr beträchtlich zurückbleibt. So war auch im Juni nur 19,8 mm Regen

gefallen gegen das Mittel von 56,3 mm, im Juli erfuhr jedoch die Regenmenge eine abnorme Steigerung, indem 136,8 mm Regen fielen gegen 76,3 mm im Mittel. Diese abnorme Steigerung der Wasserzufuhr in der Zeit, wo die Spätholzbildung begonnen hatte, dürfte nach der vorausgegangenen Trockenperiode die Wachstumsenergie gesteigert und so der beginnenden Spätholzbildung entgegengewirkt haben.

Wenn ich demnach in der verschiedenen Wasserzufuhr eine die Spätholzbildung beeinflussende äufsere Bedingung sehe, so ist damit jedoch keineswegs gesagt, dafs die Spätholzbildung durch die verschiedene Wasserzufuhr oder den verschiedenen Wassergehalt des Kambiums oder der Rinde verursacht sei, denn auch bei gleicher Wasserzufuhr kann, wie uns unter anderm Kiefer 39 Scheibe IV zeigt, eine sehr verschiedene Menge von Spätholz gebildet werden. Ebenso kann bei sehr ungleicher Wasserzufuhr auf trockenem und sehr feuchtem Boden das Spätholzprozent die gleiche Höhe aufweisen.

Nach diesen Angaben über die inneren Grenzen des Spätholzes möge noch kurz die Abgrenzung desselben nach aufsen berichtet werden. Wie schon S. 251 erwähnt, kann man die äufseren Tracheiden des Spätholzes und somit des Jahresringes als Grenztracheiden bezeichnen. Dieselben unterscheiden sich von den übrigen Spättracheiden durch die geringere Ausdehnung in radialer Richtung. Bei ihrem geringen Umfang können die Wände nicht so dick werden, als bei den gröfseren Spättracheiden, da sonst das Lumen vollständig zum Verschwinden gebracht würde. In extremen Fällen sind sie nicht wesentlich gröfser als die Kambiumzellen, die Wachstumsenergie der einzelnen Zellen ist demnach sehr gering. Ausnahmsweise können diese Grenztracheiden etwas gröfser werden und sogar die Gröfse der äufseren Spättracheiden überschreiten, doch findet sich dies im allgemeinen nur selten, wobei noch zu berücksichtigen ist, dafs bei etwas schiefen Schnitten leicht eine Täuschung möglich ist.

Die Grenztracheiden treten besonders an breiteren Jahresringen deutlich hervor, sie kommen dann wohl auch in etwas gröfserer Anzahl (etwa 7—8 Zellen) vor, doch ist eine genauere Angabe über ihre Zahl nicht möglich, da eine scharfe Abgrenzung den übrigen Spätholztracheiden gegenüber nicht besteht. In schmäleren Jahresringen ist die Zahl der Grenztracheiden geringer, etwa 2—3 Zellen und bei weiterer Verkleinerung der Ringbreite, wenn im ganzen nur wenige Spättracheiden gebildet werden, kann man von eigentlichen Grenztracheiden nicht mehr reden, die Unterschiede in der Gröfse und ebenso in der Wandverdickung verwischen sich vollständig.

Bemerkenswert ist, dafs sich die Grenztracheiden auch dort ausbilden, wo der Druck gering ist und nur wenig und unvollständig verdicktes Spätholz ausgebildet wird, wie in den innersten Jahresringen. Hier wird es oft erst durch das Auftreten der Grenztracheiden möglich die Jahresringgrenze zu ermitteln, namentlich wenn der Jahresring durch Druckzonen oder, was in jüngeren Sprofsachsen nicht selten ist, durch den Frafs von

Larven im Jungholz ein anormales Aussehen erlangt. Auch an der Zugseite stark exzentrisch gewachsener Scheiben oder bei ungenügender Spätholzbildung infolge von Nahrungsmangel gelangen die Grenztracheiden zur Entwickelung.

Das Auftreten der Grenztracheiden zeigt, dafs ihre Bildung von dem Druck nicht oder nur weniger abhängig ist, weshalb wir nicht fehlgehen dürften, wenn wir ihre Bildung mit einer stärkeren Verminderung der Wachstumsenergie am Ende einer Wachstumsperiode in Zusammenhang bringen.

Eine bei periodischen Lebensäufserungen der Pflanzen wohl allgemein zu beobachtende Erscheinung ist, dafs die betreffenden Funktionen zunächst ein Ansteigen aufweisen bis ein Höhepunkt erreicht ist, von welchem aus eine Abnahme erfolgt bis schliefslich wieder der Nullpunkt erreicht ist, d. h. die Funktion aufser Thätigkeit tritt, wobei natürlich verschiedene Schwankungen nicht ausgeschlossen sind. Es ist anzunehmen, dafs der jährliche Gang des Dickenwachstums hiervon keine Ausnahme macht, am Schlufs der jährlichen Zuwachsperiode mufs daher eine Verminderung der Wachstumsenergie eintreten, welche sich dann auch in der geringeren Gröfsenzunahme der einzelnen Zellen äufsern kann.

Wie wir später sehen werden, bestehen zwischen Wachstumsenergie und Spätholzbildung nähere Beziehungen, indem ein Herabgehen der Wachstumsenergie die Spätholzbildung erleichtert, dies gilt jedoch nur bis zu einem gewissen Grade. Geht die Verminderung der Wachstumsenergie über ein gewisses Mafs hinaus, so erleidet die Spätholzbildung resp. die Verdickung der Zellwand keine Steigerung mehr, sondern eine auffallende Abnahme.

Es ist daher notwendig, die Ausbildung der Jahresringe bei sehr geringem Wachstum und stark verminderter Wachstumsenergie einer besonderen Betrachtung zu unterwerfen.

Bei sehr alten Stämmen oder bei jüngeren unterdrückten Stämmen sind die äufseren Jahresringe sehr schmal und zwar macht sich dies in den unteren und mittleren Stammteilen mehr geltend, als innerhalb der Krone. Namentlich an alten Stämmen, wo die Abnahme der Ringbreite langsamer erfolgt und auf einen Zeitraum von 20—40 Jahren verteilt ist, kann man die allmähligen Veränderungen in der Ausbildung der Jahresringe gut verfolgen. Sobald die Ringe nur noch aus wenigen Zelllagen bestehen, wird die Verdickung der Wände des Spätholzes vermindert, die Gröfsendifferenz zwischen Frühholz und Spätholz bleibt jedoch erhalten. Selbst wenn das Frühholz aus 2—3 Zellen, das Spätholz aus 1—2 Zelllagen besteht, ist die Wand der letzteren zunächst noch verdickt. Bei längerer Dauer eines so geringen Wachstums verschwindet die stärkere Wandverdickung, und die Spätholzzellen bleiben dünnwandig. Die Ringbreite besteht dann in der Regel nur aus 1—2 Frühtracheiden und 1 bis 2 schmalen Spättracheiden. Eine Abbildung derartiger Jahresringe giebt R. Hartig in seinem Lehrbuche der Anatomie (Fig. 54, S. 88). Bei

noch weiter gehender Reduktion des Wachstums fallen lokal oder auf größeren Strecken die Spätholzzellen ganz weg, in welchem Falle die Jahresringgrenze überhaupt nicht mehr zu erkennen ist. Ein solches Holz hat eine große Ähnlichkeit mit dem Holz mancher Wurzeln, im frischen Zustande gleitet beim Anfertigen mikroskopischer Präparate das Messer wie durch einen weichen Gegenstand, die Widerstandsfähigkeit gegen Druck ist nur gering.

Derartiges Holz ohne wesentliche Zellwandverdickung bildet sich nur dann, wenn die Wachstumsenergie sehr bedeutend herabgesetzt ist. Es bildet sich demnach bei Stämmen, deren Ernährung im ganzen sehr gering ist, oder unterhalb von Ringelungsstellen, wobei sich ebenfalls ein Mangel an plastischen Stoffen geltend macht. Solches Gewebe kann aber auch entstehen, ohne daß in der Pflanze Nahrungsstoffmangel herrscht, wenn die Sproßachse dauernd einem einseitigen starken Zuge ausgesetzt ist. So war an der Zugseite der Scheibe IV der Kiefer Nr. 40 in den Jahren 1828—1896 die Zahl der Ringe nicht mehr festzustellen, (bei einer Radiuszunahme von 2,44 mm), obgleich der Radius der Druckseite in demselben Zeitraume eine Zunahme von 289,77 mm erfahren hatte.

Die 21,7 m hohe, ca. 96 Jahre alte Kiefer 13, deren Krone bei 14,9 m ansetzte, besaß in der Höhe von 10,6 m einen etwas über einen Meter langen älteren Ast mit reichlicher Benadelung. Obwohl nun der Nadelmenge entsprechend ein ausgiebigeres Wachstum möglich gewesen wäre, zeigte dieser isolierte Ast nur sehr schmale Ringe mit wenig verdickten Tracheiden, so daß das Holz einen wurzelholzähnlichen Charakter erhielt.[1]) Welche einzelne Faktoren diese Erscheinung bewirkt haben, läßt sich nicht genau sagen, durch Nahrungsmangel allein ist dieselbe nicht ohne weiteres zu erklären.

Allgemein können wir sagen, daß bei sehr weit verminderter Wachstumsenergie eine Abnahme der Spätholzbildung eintritt, welche in extremen Fällen zur vollständigen Unterdrückung des Spätholzes führen kann.

Das Vorhandensein einer gewissen Menge von Nahrungsstoffen ist eine formale Bedingung für die Ausbildung dickerer Wände, da diese Stoffe das Material zur Wandverdickung liefern müssen. Man darf aber deshalb noch nicht, ebensowenig als dies bei der Wasserzufuhr erlaubt ist, den Mangel oder Überschuß an Nahrungsstoffen als alleinige Ursache der Spätholzbildung ansehen.

Betrachten wir zum Schluß die Veränderungen, welche die Höhe des Spätholzprozentes mit dem Alter erleidet. Zu diesem Zwecke sind in den Tabellen 3—15 die Spätholzprozente einer Reihe verschiedener Stämme für 10jährige Perioden zusammengestellt. Da es wesentlich war dieselben Jahre mit einander zu vergleichen, umfaßt die erste Periode einer Scheibe zumeist eine geringere Anzahl von Jahren, was wie schon früher erwähnt

[1]) Auch in anderen Fällen scheint mir das Herabbiegen derartiger in mittlerer Stammhöhe bei älteren Kiefern stehengebliebener Äste auf der geringen Tragfähigkeit des später gebildeten Holzes zu beruhen.

durch Einklammern der betreffenden Zahl angedeutet ist. Eine Bestimmung des Spätholzprozentes war zum Teil in den innersten Ringen wegen ungenügender Ausbildung der Spätholzzone nicht möglich.

Aus den 4 Messungen in der Nord-, Ost-, Süd-, Westseite wurde die mittlere Breite des Jahresrings sowie der Spätholzzone eines jeden Jahres bestimmt. Das Spätholzprozent für die einzelnen (10 jährigen) Perioden erhielt ich, indem ich das Verhältnis der Summe der Spätholzbreiten zu der Summe der Jahresringbreiten in diesem Zeitabschnitt feststellte. Die Spätholzprozente sind demnach nicht die direkten Mittel aus den Spätholzprozenten der einzelnen Jahre. Decimalen wurden bei den Spätholzprozenten nicht berechnet, da eine weiter gehende Genauigkeit wegen der nicht immer scharfen Abgrenzung der Spätholzzone doch nicht zu erzielen war. Besonders in den innersten Jahresringen ist wegen der Breite der Ringe und der geringeren Verdickung der Zellwände, sowie wegen der Ausbildung von Druckzonen die Methode etwas ungenau, immerhin geben die Zahlen ein annäherndes Bild von den Unterschieden, die zwischen den inneren und äufseren Ringen bestehen.

Wie wir aus den Tabellen 3—15 ersehen, zeigen die innersten Jahresringe durchwegs eine geringere Menge von Spätholz, wobei, wie wir oben erwähnt haben, in den ersten Jahren noch die geringere Verdickung der Wandung kommt, es wird demnach in der Jugend Holz gebildet, welches in wesentlich geringerem Mafse einem Drucke Widerstand zu leisten vermag, wenn auch die Widerstandsfähigkeit gegen Druck durch die Kleinheit der Zellen etwas erhöht ist.

Die Zunahme an Spätholz dauert in der Regel mehrere Jahrzehnte, wobei dieselbe etwa mit dem 40.—60. Jahr zumeist geringer und unregelmäfsiger wird (Kiefer 27 Tab. 11, Kiefer 30 Tab. 13, Kiefer 31 Tab. 14). Die Steigerung des Spätholzprozentes macht sich an allen Scheiben ohne Rücksicht auf die Höhe am Stamm geltend, die Gröfse des Spätholzprozentes, die erreicht wird, ist jedoch je nach der Lage der betreffenden Scheibe sehr wesentlich verschieden. In den unteren Stammteilen wird im allgemeinen viel mehr Spätholz produziert als in den oberen Stammteilen, die Zunahme im letzteren Falle ist demnach im Vergleich zu den basalen Teilen des Stammes sehr wesentlich geringer (Kiefer 20 Tab. 8, Kiefer 22 Tab. 9, Kiefer 30 Tab. 13). Ein Kulminationspunkt der Zunahme in einem bestimmten Alter läfst sich nicht feststellen. Nach der anfänglichen Zunahme schwankt das Spätholzprozent bei den einzelnen Scheiben innerhalb nicht zu weiter Grenzen, und erst wenn die Wachstumsenergie des ganzen Baumes stärker vermindert wird, tritt eine meist langsame Verminderung der Spätholzmenge ein, die noch vielfach von Schwankungen unterbrochen ist. Da in den unteren Scheiben vorher die Steigerung des Spätholzprozentes eine gröfsere war, wird hier mit dem Alter auch die Abnahme des Spätholzprozentes deutlicher.

Wie wir noch später ausführen werden, ist die vermehrte Spätholzbildung in den unteren Teilen des Stammes auf die gröfsere mecha-

nische Beanspruchung dieser Teile zurückzuführen. Ebenso werden wir das Ansteigen des Spätholzprozentes in den inneren Jahresringen mit der wachsenden Beanspruchung auf Druckfestigkeit in Zusammenhang zu bringen haben. Mit dem Längenwachstum des Stammes, mit der Zunahme der auf einen Querschnitt lastenden Masse an Zweigen und Nadeln wächst der Druck und erst, wenn das Längenwachstum und die Zunahme der Krone geringer wird, kann eine Verminderung auch des Spätholzprozentes eintreten. Bei der Funktion des Spätholzes als mechanisches Gewebe ist der als Reiz wirkende Druck ein sehr wesentliches Moment bei der Bildung des Spätholzes, da den mechanischen Ansprüchen jedoch auch durch die Vergröfserung des Dickenwachstums Genüge geleistet wird, so müssen alle Umstände, welche die Gröfse des Dickenwachstums verändern, auch auf die Höhe des Spätholzprozentes von Einflufs sein. Das Dickenwachstum zeigt unter dem Einflufs verschiedener klimatischer Verhältnisse in den einzelnen Jahren beträchtliche Schwankungen (vergl. Kap. 4), gleichzeitig ist die Menge des gebildeten Spätholzes eine verschiedene, obschon die mechanische Beanspruchung im Verlauf weniger Jahre keine so wesentlichen Veränderungen erleidet. Die Schwankungen des Spätholzprozentes der einzelnen Jahre wirken auf das Mittel der 10jährigen Perioden zurück, es ist deshalb nicht gleichgiltig, aus welchen Jahren diese 10jährigen Mittelwerte gebildet werden. Liegen wie in den innersten Ringen wesentliche Veränderungen der Druckwirkung vor, so treten die aus der verschiedenen Wachstumsintensität resultierenden Differenzen dagegen mehr zurück. In den älteren Ringen kommen jedoch die Einflüsse der jährlich wechselnden äufseren Verhältnisse mehr zur Geltung, daher die oben erwähnten Schwankungen des Spätholzprozentes in diesen Jahren. Veränderungen im Spätholzprozent der 10jährigen Perioden können auch durch einzelne Frafsjahre hervorgerufen werden, wenn sich die Wirkung noch in den Folgejahren geltend macht und es sich nicht um zu junge Stammteile handelt. So sinkt bei der im Jahre 1876 durch die Nonne stärker beschädigten Kiefer 4 (Tab. 4) in der Periode 1875—1884 das Spätholzprozent in den unteren Stammscheiben nicht unwesentlich. Bei der weniger beschädigten benachbarten Kiefer 2 liegt eine solche Differenz nicht vor.

Als Ergänzung der Spätholzzahlen für längere Perioden, wie sie in den Tabellen 3—15 niedergelegt sind, dienen noch die Tabellen 113 und 114.

Die Kiefer 30, die auf einem dauernd feuchten Boden sehr kräftig gewachsen war, soll das Ansteigen des Spätholzprozentes an jugendlichen Sprofsachsen demonstrieren. Zu diesem Zwecke sind in der Tabelle 113 die Breiten und Spätholzprozente der ersten an das Mark grenzenden 15 Jahresringe in vier verschiedenen Höhen aufgenommen. Die Erhöhung des Spätholzprozentes mit dem Alter ist zwar an allen Scheiben zu beobachten, doch tritt dieselbe an den unteren Scheiben deutlicher hervor, weil die Spätholzdifferenzen hier gröfser sind. Auch das Mittel aus den 4 Scheiben beweist unzweifelhaft, dafs in der Jugend das Spätholzprozent eine Erhöhung erfährt. Das ungleiche Verhalten der einzelnen Scheiben

Tab. 113. **Kiefer 30,** 28,8 m hoch, 98 Jahre alt.

Jahre vom Mark aus		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Scheibe	Höhe m	Ringbreite mm														
I	0,2	2,05	5,93	7,85	7,53	6,68	5,18	3,90	4,40	4,55	4,98	5,33	4,65	4,95	3,73	4,15
II	1,3	3,98	6,73	6,10	5,85	4,90	6,24	5,46	5,50	5,44	4,84	5,64	3,73	4,05	3,43	3,75
IV	16,0	2,25	3,73	3,32	4,78	4,75	4,39	5,11	3,11	3,28	4,39	4,74	3,57	3,72	3,20	3.95
VI	24,0	1,10	1,96	2,43	2,47	3,23	2,67	3,10	2,13	1,93	1,72	2,01	2,02	2,56	1,97	1,67
Mittel		2,35	4,59	4,93	5,16	4,89	4,62	4,39	3,79	3,80	3,98	4,43	3,49	3,82	3,08	3,38
		Spätholzprozente														
I	0,2	6	3	5	9	8	14	16	14	18	22	22	23	23	26	34
II	1,3	2	3	7	11	15	17	17	17	27	34	29	34	36	43	42
IV	16,0	2	8	12	18	14	11	10	12	18	15	14	17	17	19	19
VI	24,0	0	6	14	29	8	21	19	24	15	17	22	27	26	20	17
Mittel		3	5	10	17	11	16	16	17	20	22	22	25	26	27	28

Tab. 114. **Kiefer 13,** 21,7 m hoch, 96 Jahre alt.

Jahre vom Kambium aus			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Scheibe	Höhe m	Alter der Scheibe (Jahre)	Ringbreite mm														
II	1,4	87	0,82	1,07	1,36	0,92	1,18	0,93	0,64	0,65	0,50	0,34	0,44	0,54	0,40	0,38	0,40
III	5,5	78	0,78	0,79	0,89	0,62	0,98	0,51	0,46	0,48	0,37	0,26	0,42	0,43	0,46	0,37	0,43
IV	9,6	68	0,76	0,80	0,98	0,57	0,92	0,74	0,58	0,54	0,42	0,28	0,40	0,40	0,46	0,30	0,39
V	13,7	58	0,96	1,05	1,19	0,76	1,17	0,74	0,75	0,75	0,57	0,34	0,58	0,54	0,48	0,37	0,43
VI	15,8	50	1,35	1,40	1,50	0,96	1,38	0,96	0,83	0,85	0,71	0,43	0,76	0,74	0,64	0,54	0,57
VII	17,9	43	1,87	1,68	1,65	1,00	1,52	1,12	1,00	1,01	0,91	0,74	1,30	0,97	1,06	1,03	1,26
Mittel II—VII			1,09	1,13	1,26	0,81	1,21	0,83	0,70	0,71	0,58	0,40	0,65	0,60	0,58	0,50	0,58
			Spätholzprozent														
II	1,4	87	34	34	36	32	27	27	19	22	20	16	16	27	17	14	14
III	5,5	78	20	26	19	25	22	13	13	16	13	15	12	16	13	10	11
IV	9,6	68	20	19	13	19	16	19	12	13	13	12	12	11	9	9	9
V	13,7	58	22	21	15	21	14	16	10	13	12	9	12	11	9	8	10
VI	15,8	50	22	21	14	24	14	22	12	12	12	11	13	10	9	8	10
VII	17,9	43	18	18	14	28	15	21	10	14	13	17	15	12	8	10	11
Mittel II—VII			23	23	19	25	18	20	13	15	14	13	13	15	11	10	11

hängt zum Teil mit der Verwendung von Ringen aus verschiedenen Jahren zusammen, zum Teil ist dasselbe jedoch durch die verschiedene Stammhöhe bedingt.

Bei Tabelle 114 handelt es sich um eine 96jährige Kiefer auf trockenem Boden, deren Gesamtwachstum stark in der Abnahme begriffen war, was schon aus der geringen Breite der Jahresringe zu ersehen ist. Mit einer derartigen Verminderung des Zuwachses im Alter ist eine beträchtliche Abnahme des Spätholzprozentes verbunden, welche sowohl an den einzelnen Scheiben als an den Mittelwerten aller Scheiben deutlich wahrzunehmen ist. Das in der 3. Spalte der Tabelle 114 angegebene Alter der Scheiben bezieht sich auf den äufsersten, im Jahre 1894 gebildeten Ring. Die Verminderung der Spätholzprozente ist trotz der nicht unbeträchtlichen Altersdifferenzen an allen Scheiben wahrzunehmen, bei wesentlich jüngeren Scheiben kann diese Verminderung jedoch unterbleiben.

Zwölftes Kapitel.

Einfluſs von verschieden starkem Druck auf die Bildung des Spätholzes.

Bei der Besprechung des Einflusses, welchen der Druck auf das Dickenwachstum ausübt, haben wir gesehen, daſs sich derselbe einerseits in der exzentrischen Ausbildung der Jahresringe der einzelnen Scheiben, andererseits in der Verteilung des Dickenzuwachses auf die verschiedenen Stammhöhen äuſsert. In gleicher Weise können wir die Wirkung des Druckes auf die Ausbildung von Spätholz nachweisen.

Die Spätholzbildung bei exzentrisch gewachsenen Scheiben.

Die deutlichste Ausprägung der Druckwirkung können wir dort erwarten, wo die Druckdifferenzen zwischen den einzelnen Richtungen einer Scheibe am gröſsten sind. Ein für unsere Zwecke geeignetes Untersuchungsobjekt ist die schon mehrfach besprochene Scheibe IV der Kiefer 39 (Tab. 101). Das Dickenwachstum ist hier infolge der starken einseitigen Belastung (vergl. S. 161) sehr ungleich, die Ringe an der Druckseite wesentlich breiter. Zu gleicher Zeit bestehen sehr bedeutende Differenzen in Bezug auf die Breite der Spätholzzone (vergl. Tab. 101). Dieselbe nimmt konstant von der Druckseite nach der Zugseite ab, sie sinkt von 2,608 mm an der Druckseite auf 0,064 mm an der Zugseite. Die unbedeutende Differenz zwischen den Richtungen h und i (0,048 mm gegen 0,064 mm) beruht zum Teil auf der Mittelbildung aus einer verschiedenen Anzahl von Jahren zum Teil auf der Schwierigkeit die Messungen bei den schmalen Ringen sicher auszuführen. Auch wenn das Verhältnis zwischen Frühholz und Spätholz in den einzelnen Richtungen der Scheibe das gleiche wäre, würde entsprechend der Verbreiterung der Jahresringe mit der Erhöhung des Druckes an der Druckseite wesentlich mehr Spätholz gebildet werden. Auſser der Breite der Spätholzzone wird aber auch das Verhältnis zwischen Frühholz und Spätholz verändert, indem bei erhöhtem Druck relativ viel mehr Spätholz gebildet wird. Das Spätholzprozent geht von 58% an der Druckseite auf 10 resp. 16% an der Zugseite herab (Tab. 101).

Wenn auch der Grad der Wandverdickung und die Gröſse der Zellen nicht ohne Bedeutung sind, so ist doch die Festigkeit des Holzes in erster Linie von dem Verhältnis zwischen Spätholz und Frühholz abhängig. Wir

sehen demnach, daſs an der Druckseite nicht nur ein stärkerer Zuwachs erfolgt, sondern auch das festere Holz gebildet wird. Die breitere Druckseite ist demnach in diesem Falle entschieden auch die härtere Seite.

Die Höhe des Spätholzprozentes ist abhängig einerseits von der Gröſse der Wachstumsenergie, andererseits von der Gröſse des Drucks. Während nun die Steigerung der Wachstumsenergie bis zu einem gewissen Grade das Spätholzprozent herabdrücken kann, namentlich, wenn diese Steigerung infolge günstigerer äuſserer Wachstumsbedingungen eintritt, wird bei wesentlicher Drucksteigerung, die ebenfalls die Wachstumsenergie vergröſsert, sowohl relativ als absolut mehr Spätholz gebildet.

Die Verhältnisse bei geringeren Druckdifferenzen veranschaulicht uns Kiefer 14, Scheibe III (Tab. 104). Die Differenzen in der Ringbreite sind hier wesentlich geringer als bei Kiefer 39, wenn auch die Ringe an der Druckseite noch mehr als doppelt so breit sind als an der Zugseite (2,152 mm gegen 0,945 mm). Auch hier fällt die Breite des Spätholzes mit der Breite der Ringe (1,146 mm gegen 0,417 mm), die absolute Menge an Spätholz ist demnach um so gröſser, je höher der Druck ist. Betrachten wir dagegen die relative Menge des Spätholzes, so liegt hier das höchste Spätholzprozent nicht in der Richtung des stärksten Druckes (Richtung a), sondern in der Richtung b, die allerdings noch auf der Druckseite liegt. Eine Erhöhung des Spätholzprozentes nach der Druckseite hin findet statt, nur das Maximum der Druckwirkung fällt nicht mit dem Maximum des Spätholzprozentes d. h. mit der gröſsten Festigkeit des Holzes zusammen. Für den schlieſslichen Effekt, die Erhöhung der Festigkeit der betreffenden Sproſsachse ist dies gleichgiltig, es kommt hierfür nur auf die Bildung einer möglichst groſsen Zone von mechanisch widerstandsfähigem Spätholz an, und dies ist erreicht, indem die absolute Menge des Spätholzes in der Richtung des stärksten Druckes am gröſsten ist. Da der Abstand vom Mark an der Druckseite gröſser ist als an der Zugseite, so ist das Verhältnis zwischen Druck- und Zugseite in Bezug auf die gebildete Spätholzfläche noch wesentlich günstiger, als das Verhältnis der Spätholzbreiten, welche wir in der Tabelle 104 allein angegeben finden.

Dieselben hier geltend gemachten Gesichtspunkte sind auch maſsgebend, wenn wir die breite und schmale Seite einer exzentrisch gewachsenen Scheibe einander gegenüberstellen.

Betrachten wir zu diesem Zwecke zunächst die Scheibe III der Kiefer 25 (Tab. 115). In dieser sowie den folgenden Tabellen ist die breitere Seite der Jahresringe durch fetten Druck hervorgehoben. Wir finden hier die Südostseite durchwegs breiter und erst in dem letzten Zeitraum von 1876—1895 ist die Breite der Jahresringe an der Nordwestseite etwas gröſser. Dementsprechend finden wir bis zum Jahre 1876 die gröſsere Spätholzbreite an der Südostseite und erst von 1876 an überwiegt die Spätholzbreite an der Nordwestseite. In den Jahren 1820—24 ist die Ringbreite an beiden Seiten fast gleich und dementsprechend auch die Spätholzbreite. In den Jahren 1855—59 ist die Spätholzbreite an beiden Seiten gleich, bei

Kiefer 25, 29,0 m hoch, Scheibe III, in 10,3 m Höhe.

Tab. 115.

Mittel aus den Jahren	Alter	Flächenzuwachs qcm		Ringbreite mm		Spätholzbreite mm		Spätholz %		Mehr an Spätholz %	
		SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW
1767—74	1—8	1,38	0,18	**2,23**	1,53						
75—79	9—13	3,43	0,94	**2,24**	0,96	**0,77**	0,19	34	20	14	—
80—84	14—18	5,32	1,67	**2,36**	1,26	**1,09**	0,30	46	24	22	—
85—94	19—28	6,32	3,00	**1,95**	1,50						
95—99	29—33	15,70	4,95	**3,56**	1,80	**0,81**	0,49	23	27	—	4
1800—1804	34—38	30,69	5,05	**5,30**	1,54	**1,24**	0,44	23	28	—	5
5—14	39—48	32,66	5.41	**4,12**	1,37						
15—19	49—53	25,99	6,20	**3,09**	1,35	**1,02**	0,37	33	27	6	—
20—24	54—58	18,21	8,94	1,74	1,76	0,40	0,40	23	23	—	—
25—34	59—68	28,19	10,60	**2,45**	1,79						
35—39	69—73	31,02	10,98	**2,45**	1,62	**1,10**	0,44	45	27	18	—
40—44	74—78	17,23	9,14	**1,30**	1,27	**0,51**	0,37	39	29	10	—
45—54	79—88	18,74	13,48	1,35	**1,70**						
55—59	89—93	16,80	10,91	1,16	**1,25**	0,31	0,31	26	25	1	—
60—64	94—98	25,24	14,29	**1,69**	1,57	**0,53**	0,44	31	28	3	—
65—75	99—109	22,18	11,44	**1,30**	1,07						
76—80	110—114	16,17	12,31	0,99	**1,19**	0,30	**0,33**	30	28	2	—
81—85	115—119	16,62	13,74	0,99	**1,28**	0,24	**0,33**	24	26	—	2
86—90	120—124	9,63	9,30	0,56	**0,83**	0,10	**0,18**	17	22	—	5
91—1895	125—129	15,93	12,28	0,93	**1,08**	0,24	**0,26**	26	24	2	—
Radius, mm 1767—1895		273,9	182,7								

einer nur wenig gröſseren Ringbreite an der Nordwestseite. Dem höheren Druck resp. dem stärkeren Wachstum entspricht demnach überall mit Ausnahme der geringen Abweichung in den Jahren 1855—59 auch die gröſsere Menge von Spätholz, wodurch der Widerstand des Holzkörpers an der Seite des höheren Druckes in zweckentsprechender Weise gesteigert wird. Das härtere Holz, resp. das höhere Spätholzprozent finden wir zwar zumeist ebenfalls an der Druckseite, jedoch nicht immer, die Perioden 1795—1804, 1876—80 und 1891—95 machen eine Ausnahme, indem das höhere Spätholzprozent hier auf der schmäleren Seite liegt. Eine bestimmte Beziehung zwischen Flächenzuwachs und Höhe des Spätholzprozentes besteht nicht. Der Flächenzuwachs ist durchwegs an der Südostseite gröſser, und wenn auch in der Mehrzahl der Fälle das Spätholzprozent an dieser Seite gröſser ist, so finden wir doch auch an der Seite des kleineren Flächenzuwachses entweder das gleiche Spätholzprozent (Periode 1820—24) oder sogar ein höheres (Periode 1795—99, 1800—1804, 1881—85, 1886—90).

Einen näheren Einblick gewinnen wir, wenn wir an Stelle der 5jährigen Perioden die einzelnen Jahre betrachten, deren Wachstums-

Tab. 116. **Kiefer 25,** Scheibe III.

Jahr	Flächenzuwachs qcm		Ringbreite mm		Spätholzbreite mm		Spätholz %		Mehr an Spätholz %	
	SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW
1775	2,03	0,91	**1,63**	1,06	**0,40**	0,24	24	22	2	—
76	2,84	0,78	**2,13**	0,83	**0,53**	0,13	24	15	9	—
77	3,74	0,88	**2,48**	0,91	**0,56**	0,19	23	21	2	—
78	3,53	0,72	**2,14**	0,69	**0,67**	0,14	31	21	10	—
79	5,03	1,42	**2,80**	1,30	**1,68**	0,26	60	12	48	—
80	3,90	0,98	**2,02**	0,83	**1,20**	0,24	59	29	30	—
81	5,77	1,59	**2,75**	1,33	**1,52**	0,48	55	36	19	—
82	6,71	2,45	**2,98**	1,84	**1,06**	0,29	36	16	20	—
83	5,24	1,63	**2,16**	1,17	**1,12**	0,26	52	22	30	—
84	5,00	1,71	**1,96**	1,14	**0,58**	0,22	29	20	9	—
95	9,83	4,68	**2,51**	1,84	**0,67**	0,45	26	24	2	—
96	11,26	4,35	**2,77**	1,66	**0,48**	0,35	17	21	—	4
97	14,80	4,24	**3,44**	1,55	**0,80**	0,43	23	29	—	6
98	19,49	5,84	**4,32**	2,03	**1,12**	0,80	26	39	—	13
99	23,13	5,65	**4,77**	1,92	**0,96**	0,42	20	22	—	2
1800	23,00	3,84	**4,51**	1,26	**0,96**	0,43	21	34	—	13
1	30,40	4,26	**5,60**	1,34	**1,60**	0,53	29	39	—	10
2	35,96	5,53	**6,21**	1,71	**1,14**	0,51	18	30	—	12
3	30,76	5,88	**5,02**	1,71	**1,10**	0,34	22	20	2	—
4	33,32	5,32	**5,12**	1,66	**1,36**	0,38	27	23	4	—
15	22,78	3,08	**2,46**	0,69	**0,67**	0,10	27	14	13	—
16	24,11	4,23	**2,56**	0,94	**1,09**	0,21	42	22	20	—
17	35,22	7,02	**3,66**	1,54	**1,04**	0,40	28	26	2	—
18	36,56	7,64	**3,70**	1,66	**1,60**	0,59	43	36	7	—
19	31,29	9,01	**3,07**	1,90	**0,72**	0,54	23	29	—	6
20	18,45	9,49	1,82	**1,95**	0,24	**0,48**	13	25	—	12
21	10,34	6,96	0,98	**1,39**	0,19	**0,32**	20	23	—	3
22	10,29	8,10	**1,84**	1,66	**0,61**	0,54	33	34	—	1
23	22,68	10,88	**2,16**	2,11	**0,51**	0,35	24	17	7	—
24	20,29	9,28	**1,89**	1,76	**0,43**	0,30	23	17	6	—
35	31,51	12,10	**2,54**	1,86	**1,10**	0,56	43	30	13	—
36	31,92	8,30	**2,54**	1,22	**1,25**	0,34	49	28	21	—
37	28,50	11,44	**2,24**	1,68	**0,94**	0,50	43	30	13	—
38	30,11	12,31	**2,34**	1,81	**1,10**	0,45	47	25	22	—
39	33,07	10,76	**2,58**	1,57	**1,12**	0,37	44	23	21	—

Tab. 117. **Kiefer 25,** Scheibe III.

Jahr	Flächenzuwachs qcm		Ringbreite mm		Spätholzbreite mm		Spätholz %		Mehr an Spätholz %	
	SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW
1840	25,56	9,85	**1,97**	1,41	**0,98**	0,22	50	16	34	—
41	13,86	6,04	**1,06**	0,83	**0,32**	0,13	30	15	15	—
42	15,26	8,25	1,12	**1,15**	0,26	**0,40**	23	34	—	11
43	14,01	9,42	1,04	**1,31**	0,35	**0,46**	34	35	—	1
44	17,44	12,11	1,31	**1,66**	**0,66**	0,64	50	38	12	—
55	15,05	10,63	1,06	**1,25**	0,21	**0,26**	18	21	—	3
56	14,40	10,29	0,98	**1,18**	0,24	**0,30**	24	26	—	2
57	16,64	9,95	**1,17**	1,14	**0,34**	0,24	29	21	8	—
58	15,99	9,16	**1,09**	1,07	**0,29**	0,26	26	24	4	—
59	21,93	14,53	1,50	**1,63**	0,46	**0,50**	31	31	—	—
60	23,55	15,60	1,62	**1,76**	**0,56**	0,51	35	29	6	—
61	26,69	14,43	**1,82**	1,60	**0,56**	0,40	31	25	6	—
62	35,15	17,80	**2,37**	1,97	**1,06**	0,67	45	34	11	—
63	24,13	10,15	**1,57**	1,09	**0,30**	0,29	19	26	—	7
64	16,68	13,49	1,09	**1,42**	0,18	**0,34**	16	24	—	8
76	21,08	14,80	1,28	**1,44**	0,45	**0,46**	35	32	3	—
77	10,68	8,81	0,67	**0,86**	0,05	0,05	7	6	1	—
78	12,14	9,74	0,74	0,95	0,36	0,38	49	40	9	—
79	18,84	15,62	1,17	**1,49**	0,40	**0,45**	34	30	4	—
80	18,10	12,60	1,10	**1,22**	0,26	**0,30**	23	25	—	2
81	13,21	10,04	0,80	**0,94**	0,18	**0,19**	22	20	2	—
82	15,74	10,63	0,94	**0,99**	**0,19**	0,18	20	18	2	—
83	16,63	13,37	1,01	**1,23**	0,26	**0,40**	25	32	—	7
84	22,55	20,51	1,36	**1,92**	0,43	**0,53**	31	28	3	—
85	15,10	14,16	0,88	**1,31**	0,16	**0,37**	18	28	—	10
86	10,09	11,52	0,59	**1,07**	0,13	**0,38**	22	36	—	14
87	10,11	11,59	0,59	**1,06**	0,11	**0,24**	19	39	—	20
88	10,14	8,32	0,59	**0,75**	0,08	0,08	14	11	3	—
89	8,47	6,12	0,50	**0,53**	**0,06**	0,05	13	9	4	—
90	9,33	8,94	0,56	**0,88**	0,11	**0,18**	20	22	—	2
91	11,90	11,23	0,69	**0,99**	0,11	**0,26**	16	26	—	10
92	23,04	18,67	1,36	**1,68**	0,54	**0,56**	40	33	7	—
93	18,86	11,97	**1,09**	1,06	**0,21**	0,14	19	14	5	—
94	12,90	8,02	**0,74**	0,69	**0,21**	0,16	28	23	5	—
95	12,94	11,51	0,77	**1,01**	0,16	**0,21**	21	21	—	—

verhältnisse in den Tabellen 116 und 117 dargestellt sind. Auch in den einzelnen Jahren liegt mit ganz unbedeutenden Ausnahmen die gröfsere Spätholzbreite auf der Seite der gröfseren Ringbreite. Unter den 70 hier angeführten Jahren ist dies in 64 Jahren der Fall, in 2 Jahren sind die Spätholzbreiten bei verschiedener Ringbreite gleich, in 4 Jahren zeigt die kleinere Seite eine um 0,01—0,05 mm breitere Spätholzzone. Da die Grenze der Spätholzzone nicht immer scharf ist, liegen diese Abweichungen innerhalb der Grenze der Ablesungsfehler.

Das höhere Spätholzprozent fällt in 46 Jahren mit der gröfseren, in 22 Jahren mit der geringeren Breite der Jahresringe zusammen, in 2 Jahren ist es trotz der verschiedenen Ringbreite gleich. Die breitere Südostseite zeigt 44 mal, die Nordwestseite 24 mal das höhere Spätholzprozent. Im Durchschnitt hat demnach die breitere Seite der Scheibe, sowie die breitere Seite der Ringe auch das festere Holz. In den aufeinanderfolgenden Jahren tritt jedoch häufig ein Wechsel ein, im Mittel der fünfjährigen Perioden werden diese Differenzen zwischen breiter und schmaler Seite zum Teil ausgeglichen, wir erhalten daher in der Tabelle 115 im ganzen nur geringere Unterschiede in der Höhe der Spätholzprozente zwischen der breiten und schmalen Seite.

Der gröfsere Flächenzuwachs liegt mit Ausnahme von 2 Jahren (1886 und 1887) immer auf der breiteren Südostseite der Scheibe. Dem gröfseren Flächenzuwachs kann demnach sowohl ein höheres als ein niedrigeres Spätholzprozent entsprechen.

Die Scheibe II derselben Kiefer Nr. 25 in der Höhe von 1,3 m über dem Boden entnommen, zeigt durchwegs (Tab. 118) an der Südostseite das stärkere Wachstum und den breiteren Ringen entsprechend auch die gröfsere Spätholzbreite resp. die gröfsere Fläche von Spätholz. Nur in der Periode 1886—90 zeigte sich an den beinahe gleich breiten Ringen der schmalen und breiten Seite (Südosten 0,99 mm gegen Nordwesten 0,95 mm Ringbreite) an der Nordwestseite etwas mehr Spätholz. Solche kleine Abweichungen, die wir auch sonst finden, können durch das Verhalten einzelner Jahre oder erst bei der Bildung des Mittelwertes entstehen; sie ändern nichts an der Thatsache, dafs an der Druckseite die absolute Menge des Spätholzes eine gröfsere ist. Dagegen finden wir abweichend von der Scheibe III derselben Kiefer (Tab. 115) hier in einer gröfseren Anzahl von Perioden an der schmalen Seite ein höheres Spätholzprozent. Unter den 12 untersuchten fünfjährigen Perioden ist das Holz in 4 Fällen an der breiten Seite, in 7 Fällen an der schmalen Seite relativ reicher an Spätholz und demnach fester; in einem Falle enthalten beide Seiten relativ gleich viel Spätholz. Ob im ganzen Durchschnitt der Scheibe das festere Holz bei Scheibe III an der breiten, bei Scheibe II an der schmalen Seite liegt, läfst sich nicht genau sagen, da sich die Untersuchung nur auf einen Teil der Jahresringe erstreckte.

Bei Kiefer 18, die, wie schon früher erwähnt (vergl. S. 178), nach Süden frei stand und eine geringe Neigung nach Nordosten aufwies, ist

Tab. 118. **Kiefer 25,** 29,0 m hoch, Scheibe II in 1,3 m Höhe.

Mittel aus den Jahren	Alter	Ringbreite mm		Spätholzbreite mm		Spätholz %		Mehr an Spätholz %	
		SO	NW	SO	NW	SO	NW	SO	NW
1755—59	8—12	**3,17**	1,98	**0,80**	0,61	25	31	—	6
60—64	13—17	**2,16**	1,48	**0,94**	0,59	43	40	3	—
75—79	28—32	**1,69**	0,84	**0,81**	0,32	48	39	9	—
80—84	33—37	**1,16**	0,75	**0,52**	0,33	45	44	1	—
1815—19	68—72	**2,71**	1,92	**1,18**	0,81	44	42	2	—
20—24	73—77	**2,33**	1,81	**0,84**	0,71	36	39	—	3
35—39	88—92	**3,67**	1,51	**1,28**	0,59	35	39	—	4
40—44	93—97	**2,02**	1,68	**0,71**	0,68	35	40	—	5
76—80	129—133	**1,05**	0,87	**0,33**	0,30	32	34	—	2
81—85	134—138	**1,40**	1,14	**0,50**	0,42	36	36	—	—
86—90	139—143	**0,99**	0,95	0,33	**0,40**	33	37	—	4
91—95	144—148	**1,22**	1,08	**0,39**	0,35	32	33	—	1

der Radius aller 10 Scheiben in der Nordrichtung am gröfsten, nur bei Scheibe I in der Nord- und Ostrichtung gleich. Auch sonst ist die Ostseite zumeist etwas breiter als die Westseite und namentlich die Südseite. Von diesem Stamme wurden nun für die Jahre 1878—97 (eingeteilt in 4 fünfjährige Perioden) die Ringbreite, die Spätholzbreite und das Spätholzprozent in den Richtungen Norden, Osten, Süden und Westen verglichen (Tab. 119—121).

Die zwanzigjährigen Mittelwerte (1878—97) zeigen das Maximum der Ringbreite unter den 10 Scheiben 7 mal in der Nordrichtung und 3 mal in der Ostrichtung, wobei nur an der Scheibe I der Norden mehr gegen den Osten zurückbleibt. Das Maximum der Spätholzbreite liegt durchwegs in der Nordrichtung, nur die Scheibe I zeigt in der Ostrichtung die gröfste Spätholzbreite, entsprechend der auffallend gröfseren Ringbreite an dieser Seite (Tab. 119).

Das Maximum des Spätholzprozentes liegt mit Ausnahme der Scheibe I durchwegs in der Nordrichtung, während die Südrichtung zumeist ein auffallend niedrigeres Spätholzprozent aufweist. Der Druck bewirkt demnach im Durchschnitt der Jahre 1878—97 nicht nur eine absolute, sondern auch eine relative Vermehrung der Spätholzmenge, so dafs im allgemeinen die breiteste Seite auch das festeste Holz aufweist. Die Unterschiede in der Höhe des Spätholzprozentes sind in den unteren Scheiben des Stammes wesentlich beträchtlicher als in den oberen Scheiben. Es kann dies nicht auffallen, da das Spätholzprozent in den oberen Scheiben viel kleiner ist als in den unteren.

In den einzelnen fünfjährigen Perioden liegt, wie wir schon früher gefunden haben, das Maximum der Spätholzbreite in derselben Richtung, wie das Maximum der Ringbreite. Geringe Abweichungen kommen auch hier vor, sind jedoch sehr selten und ohne Bedeutung. Bemerkenswert ist, dafs

Tab. 119.

Kiefer 18, 23,25 m hoch.

Scheibe	Höhe m	Periode	Ringbreite, mm				Spätholzbreite, mm				Spätholz, %			
			N	O	S	W	N	O	S	W	N	O	S	W
I	0,35	1878—82	1,36	**2,08**	1,61	1,01	0,50	**0,95**	0,58	0,50	37	46	36	**50**
		83—87	1,39	**1,93**	1,50	0,98	0,50	**0,88**	0,58	0,50	36	46	39	**51**
		88—92	0,83	**1,61**	1,34	0,70	0,25	**0,62**	0,45	0,28	30	39	34	**40**
		93—97	1,06	1,39	**1,52**	0,97	0,33	0,59	**0,60**	0,42	31	42	39	**43**
Mittel		1878—97	1,06	**1,75**	1,49	0,92	0,40	**0,76**	0,55	0,43	34	43	37	**47**
II	1,3	1878—82	**2,22**	1,79	1,31	1,40	**1,04**	0,71	0,45	0,52	**47**	40	34	37
		83—87	1,26	**1,46**	1,11	1,36	0,58	**0,64**	0,45	0,47	**46**	44	41	35
		88—92	1,04	**1,40**	0,96	0,92	0,43	**0,51**	0,34	0,33	**41**	36	35	36
		93—97	**1,90**	1,32	1,11	1,01	**0,97**	0,46	0,37	0,39	**51**	35	33	39
Mittel		1878—97	**1,61**	1,50	1,12	1,17	**0,76**	0,58	0,40	0,43	**47**	39	36	37
III	3,4	1878—82	**1,66**	1,64	1,06	0,45	**0,78**	0,62	0,28	0,46	**47**	38	26	32
		83—87	1,08	1,26	1,08	**1,36**	**0,43**	0,41	0,35	0,42	**40**	33	32	31
		88—92	1,16	**1,40**	1,03	0,95	0,45	**0,56**	0,31	0,28	39	**40**	30	29
		93—97	**1,84**	1,59	1,00	0,87	**0,84**	0,73	0,29	0,23	**46**	**46**	29	26
Mittel		1878—97	1,44	**1,47**	1,04	1,13	**0,63**	0,58	0,31	0,35	**44**	40	30	31
IV	5,5	1878—82	**1,63**	1,62	1,01	1,27	**0,62**	0,54	0,27	0,42	**38**	33	27	33
		83—87	1,15	1,27	1,05	**1,32**	**0,41**	0,40	0,36	**0,41**	**36**	31	34	31
		88—92	1,31	**1,35**	0,97	1,22	**0,61**	0,46	0,28	0,36	**47**	36	29	30
		93—97	**2,11**	1,40	1,15	0,92	**1,09**	0,42	0,33	0,25	**52**	30	29	27
Mittel		1878—97	**1,55**	1,41	1,05	1,18	**0,68**	0,46	0,31	0,36	**44**	33	30	31
V	7,6	1878—82	1,62	**1,72**	1,05	1,32	0,46	**0,50**	0,20	0,32	28	**29**	19	24
		83—87	**1,38**	1,26	0,87	1,20	**0,49**	0,32	0,17	0,30	**36**	26	19	25
		88—92	1,06	**1,38**	1,01	1,05	0,31	**0,48**	0,31	0,27	29	**35**	30	26
		93—97	**1,77**	1,73	1,01	0,84	**0,64**	0,47	0,20	0,20	**36**	27	20	24
Mittel		1878—97	1,46	**1,52**	1,24	1,10	**0,48**	0,44	0,22	0,27	**33**	29	18	25

Tab. 120.

Kiefer 18, 23,25 m hoch.

Scheibe	Höhe m	Periode	Ringbreite, mm N	Ringbreite, mm O	Ringbreite, mm S	Ringbreite, mm W	Spätholzbreite, mm N	Spätholzbreite, mm O	Spätholzbreite, mm S	Spätholzbreite, mm W	Spätholz, % N	Spätholz, % O	Spätholz, % S	Spätholz, % W
VI	9,7	1878—82	**1,84**	1,63	1,16	1,27	**0,58**	0,38	0,17	0,25	**32**	23	15	20
		83—87	**1,31**	1,28	0,91	1,27	**0,34**	0,27	0,16	0,28	**26**	21	18	22
		88—92	1,13	**1,42**	1,02	1,09	0,30	**0,43**	0,17	0,24	27	**30**	17	22
		93—97	**1,69**	1,59	0,93	0,73	**0,68**	0,33	0,16	0,10	**40**	21	17	14
Mittel		1878—97	**1,49**	*1,48*	*1,01*	*1,09*	**0,48**	*0,35*	*0,17*	*0,22*	**32**	*24*	*17*	*20*
VII	11,9	1878—82	**1,75**	1,55	1,04	1,39	**0,48**	0,31	0,13	0,22	**27**	20	13	16
		83—87	**1,50**	1,16	0,80	1,28	**0,43**	0,18	0,13	0,22	**29**	15	16	17
		88—92	1,10	**1,19**	0,82	1,15	0,21	**0,28**	0,13	0,20	19	**25**	16	17
		93—97	**1,54**	1,43	0,72	0,75	**0,36**	0,25	0,13	0,10	**23**	17	18	13
Mittel		1878—97	**1,47**	*1,33*	*0,85*	*1,14*	**0,37**	*0,26*	*0,13*	*0,19*	**25**	*20*	*15*	*17*
VIII	14,0	1878—82	**1,63**	1,28	1,38	1,28	**0,30**	0,16	0,19	0,22	**18**	13	14	17
		83—87	1,16	1,00	1,13	**1,33**	0,23	0,13	0,17	**0,27**	19	13	15	**20**
		88—92	0,99	0,90	1,02	**1,30**	0,12	0,13	0,13	**0,22**	12	13	13	**17**
		93—97	**1,19**	1,09	0,71	0,85	**0,21**	0,10	0,13	0,11	**18**	9	**18**	13
Mittel		1878—97	**1,24**	*1,07*	*1,06*	*1,19*	**0,22**	*0,13*	*0,16*	*0,21*	**18**	*12*	*15*	**18**
IX	18,7	1878—82	**2,27**	1,75	1,92	1,69	**0,40**	0,21	0,22	0,23	**18**	12	11	14
		83—87	**1,49**	0,91	1,30	1,35	**0,25**	0,12	0,20	0,20	**17**	13	15	15
		88—92	1,29	1,15	1,47	**1,49**	0,15	0,13	0,15	**0,16**	**12**	11	10	11
		93—97	0,90	**1,34**	1,19	1,14	0,09	**0,18**	0,15	0,09	10	**13**	**13**	8
Mittel		1878—97	**1,49**	*1,29*	*1,47*	*1,42*	**0,22**	*0,16*	*0,18*	*0,17*	**15**	*12*	*12*	*12*
X	19,95	1878—82	**1,94**	1,49	1,66	1,50	**0,30**	0,18	0,21	0,17	**15**	12	13	11
		83—87	**1,43**	0,85	1,15	1,19	**0,24**	0,11	0,14	0,17	**17**	13	12	14
		88—92	1,20	1,07	1,02	**1,26**	**0,16**	0,11	0,12	0,13	**13**	10	12	10
		93—97	0,96	1,06	**1,10**	0,82	0,13	**0,18**	0,15	0,08	14	**17**	14	9
Mittel		1878—97	**1,38**	*1,12*	*1,23*	*1,19*	**0,21**	*0,15*	*0,16*	*0,14*	**15**	*13*	*13*	*12*

Tab. 121. **Kiefer 18,** Scheibe II in 1,3 m Höhe.

Jahr	Ringbreite, mm				Spätholzbreite, mm				Spätholz, %			
	N	O	S	W	N	O	S	W	N	O	S	W
1878	**2,16**	1,68	1,22	1,14	**1,07**	0,72	0,48	0,48	**50**	43	39	42
79	**2,08**	1,47	1,28	1,23	**0,96**	0,59	0,32	0,43	**46**	40	25	35
80	**1,89**	1,73	0,96	1,26	**0,67**	0,58	0,27	0,42	**36**	33	28	33
81	**1,84**	1,70	1,38	1,41	**0,91**	0,64	0,58	0,51	**50**	38	42	36
82	**3,15**	2,37	1,70	1,97	**1,60**	1,01	0,59	0,75	**51**	43	35	38
Mittel . .	**2,22**	*1,79*	*1,31*	*1,40*	**1,04**	*0,71*	*0,45*	*0,52*	**47**	*40*	*34*	*37*
1883	1,31	1,41	1,01	**1,55**	**0,80**	0,72	0,48	0,77	**61**	51	47	50
84	1,74	**1,79**	1,26	1,63	**0,85**	0,69	0,46	0,43	**49**	38	37	26
85	**1,66**	**1,66**	1,31	1,55	0,64	**0,72**	0,53	0,50	38	**43**	40	32
86	0,90	**1,50**	1,20	1,25	0,34	**0,50**	0,42	0,40	**38**	33	35	32
87	0,70	**0,96**	0,77	0,80	0,29	**0,56**	0,37	0,27	41	**58**	48	34
Mittel . .	*1,26*	**1,46**	*1,11*	*1,36*	*0,58*	**0,64**	*0,45*	*0,47*	**46**	*44*	*41*	*35*
1888	0,72	**0,99**	0,90	0,86	0,29	**0,35**	0,30	0,35	40	35	34	**41**
89	0,48	**0,69**	0,35	0,61	0,06	**0,08**	0,03	0,08	**13**	12	9	**13**
90	0,64	**1,42**	0,88	0,85	0,24	**0,67**	0,30	0,34	38	**47**	35	40
91	1,68	**1,84**	1,34	1,36	**0,90**	0,80	0,50	0,53	**53**	43	37	39
92	1,68	**2,05**	1,31	0,93	**0,64**	**0,64**	0,56	0,37	38	31	**43**	**39**
Mittel . .	*1,04*	**1,40**	*0,96*	*0,92*	*0,43*	**0,51**	*0,34*	*0,33*	**41**	*36*	*35*	*36*
1893	**1,74**	1,70	1,60	1,18	**0,51**	0,48	0,42	0,34	**29**	28	26	28
94	**2,22**	0,99	0,83	0,67	**1,49**	0,29	0,32	0,24	**67**	29	38	36
95	**2,11**	1,04	1,09	0,66	**1,31**	0,43	0,42	0,24	**62**	42	38	37
96	**2,16**	1,49	1,04	1,25	**1,04**	0,59	0,40	0,50	**48**	40	38	40
97	1,25	**1,39**	0,99	1,30	0,50	**0,53**	0,32	0,64	40	38	32	**49**
Mittel . .	**1,90**	*1,32*	*1,11*	*1,01*	**0,97**	*0,46*	*0,37*	*0,39*	**51**	*35*	*33*	*39*

bei solch kürzeren Perioden die Verschiebungen der Richtung der größten Ring- und Spätholzbreite deutlich hervortreten. In den 40 Perioden der 10 Scheiben, welche in den Tabellen 119 und 120 dargestellt sind, liegt die größte Spätholzbreite 23 mal im Norden, 12 mal im Osten, 1 mal im Süden, 3 mal im Westen und 1 mal ist Nord- und Westseite gleich. In der Hauptsache war der Druck in der Nordrichtung am größten, es können aber, wie früher gezeigt wurde, Verschiebungen des stärksten Drucks eintreten, welchen die Ring- und Spätholzbreite folgt. Die Verschiebung ging nur ein einziges Mal bis zur Südseite (Scheibe I 1893—97, Tab. 119) und auch hier hat die Ostseite nur eine um 0,01 mm weniger breite Spätholzzone als die Südseite.

Am auffallendsten sind die Verschiebungen des Maximums der Spätholzbreite, wenn wir die verschiedenen Perioden weniger exzentrisch ge-

Tab. 122. **Kiefer 28,** 25,5 m hoch.

Scheibe	Höhe m	Periode	Ringbreite, mm N	Ringbreite, mm O Druck	Ringbreite, mm S	Ringbreite, mm W Zug	Spätholzbreite, mm N	Spätholzbreite, mm O Druck	Spätholzbreite, mm S	Spätholzbreite, mm W Zug	Spätholzprozente N	Spätholzprozente O Druck	Spätholzprozente S	Spätholzprozente W Zug
I	0,30	1875—79	1,97	**3,32**	0,53	1,72	0,97	**1,47**	0,20	0,83	**49**	44	38	48
		80—84	**3,20**	2,43	0,82	2,18	**1,19**	0,91	0,32	0,90	37	37	39	**41**
		85—89	1,16	**2,16**	0,55	1,34	0,47	**0,93**	0,22	0,64	41	43	40	**48**
		90—94	0,75	**1,55**	0,95	0,98	0,26	**0,62**	0,41	0,42	35	40	**43**	**43**
Mittel	. .	1875—94	*1,77*	**2,37**	*0,71*	*1,56*	*0,72*	**0,98**	*0,29*	*0,70*	*41*	*41*	*41*	**45**
II	1,65	1875—79	0,68	0,87	**1,48**	1,21	0,33	0,42	**0,72**	0,60	49	48	49	**50**
		80—84	1,32	**1,97**	1,33	1,23	0,58	**0,91**	0,58	0,59	44	46	44	**48**
		85—89	0,94	**1,78**	0,45	0,92	0,50	**0,83**	0,24	0,46	**53**	47	**53**	50
		90—94	**1,18**	0,83	1,06	1,15	**0,73**	0,35	0,57	0,39	**62**	42	54	34
Mittel	. .	1875—94	*1,03*	**1,36**	*1,08*	*1,13*	*0,54*	**0,63**	*0,53*	*0,51*	**52**	*46*	*49*	*45*
III	5,85	1875—79	0,60	**1,37**	1,30	0,69	0,30	**0,65**	0,60	0,32	**50**	47	46	46
		80—84	1,23	**2,10**	1,58	0,88	0,56	**0,99**	0,68	0,37	46	**47**	43	42
		85—89	0,71	**0,95**	0,89	0,33	0,36	0,43	**0,47**	0,15	51	45	**53**	46
		90—94	**1,44**	0,86	0,57	0,52	**0,83**	0,46	0,29	0,26	**58**	53	51	50
Mittel	. .	1875—94	*1,00*	**1,32**	*1,09*	*0,61*	*0,51*	**0,63**	*0,51*	*0,28*	**51**	*48*	*47*	*46*
IV	10,05	1875—79	0,53	**1,10**	0,98	0,79	0,15	**0,45**	0,33	0,26	28	**41**	34	33
		80—84	1,09	**2,52**	1,05	1,37	0,35	**1,14**	0,39	0,49	32	**45**	37	36
		85—89	0,67	1,22	**1,59**	0,66	0,26	0,49	**0,72**	0,24	39	40	**45**	36
		90—94	0,72	0,93	**1,29**	0,44	0,25	**0,40**	0,37	0,13	35	**43**	29	30
Mittel	. .	1875—94	*0,75*	**1,44**	*1,23*	*0,82*	*0,25*	**0,62**	*0,45*	*0,28*	*33*	**43**	*37*	*34*
V	14,35	1875—79	1,00	**1,24**	1,20	1,20	0,27	0,32	**0,44**	0,31	27	26	**37**	26
		80—84	**1,72**	1,68	1,57	1,06	0,57	**0,63**	0,52	0,28	33	**38**	33	26
		85—89	0,98	1,37	**1,52**	1,07	0,31	**0,60**	0,56	0,36	32	**44**	37	34
		90—94	0,89	**1,34**	1,12	0,91	0,27	**0,60**	0,43	0,26	30	**45**	38	29
Mittel	. .	1875—94	*1,15*	**1,41**	*1,35*	*1,06*	*0,36*	**0,54**	*0,49*	*0,30*	*31*	**38**	*36*	*28*
VI	18,45	1875—79	2,16	**2,49**	2,42	2,25	0,47	**0,73**	0,57	0,59	22	**29**	24	**26**
		80—84	2,72	**3,56**	3,25	2,34	0,49	**1,09**	0,91	0,57	18	**31**	28	24
		85—89	2,21	**2,78**	2,57	1,56	0,42	**1,06**	0,70	0,35	19	**38**	27	22
		90—94	1,75	**2,63**	1,37	0,87	0,34	**1,21**	0,29	0,21	19	**46**	21	24
Mittel	. .	1875—94	*2,21*	**2,87**	*2,40*	*1,76*	*0,43*	**1,02**	*0,62*	*0,43*	*19*	**36**	*26*	*24*
VII	20,65	1875—79	1,42	**1,54**	1,48	1,31	? 0,32	? **0,46**	? 0,33	? 0,36	23	**30**	22	27
		80—84	2,94	**3,85**	2,71	2,31	0,49	**1,50**	0,55	0,45	17	**39**	20	19
		85—89	2,93	**3,42**	2,55	2,38	0,63	**1,24**	0,65	0,50	22	**36**	25	21
		90—94	1,51	**2,41**	1,57	1,15	0,31	**0,85**	0,35	0,19	21	**35**	22	17
Mittel	. .	1875—94	*2,20*	**2,81**	*2,08*	*1,79*	*0,44*	**1,01**	*0,47*	*0,38*	*20*	**36**	*23*	*21*

Tab. 123. **Kiefer 28,** Scheibe III in 5,85 m Höhe.

Jahr	Ringbreite, mm				Spätholzbreite, mm				Spätholz %			
	N	O	S	W	N	O	S	W	N	O	S	W
1875	0,48	**2,32**	1,58	0,50	0,22	**1,33**	0,74	0,26	47	**57**	46	52
76	0,50	**1,46**	1,17	0,43	0,21	**0,50**	0,40	0,16	**42**	34	34	37
77	0,64	0,88	**1,08**	0,64	0,30	**0,40**	0,37	0,24	**48**	46	34	38
78	0,59	1,12	**1,33**	1,04	0,30	0,53	**0,72**	0,51	51	47	**54**	49
79	0,80	1,09	**1,33**	0,86	0,48	0,51	**0,75**	0,45	**60**	47	57	52
Mittel . . .	*0,60*	**1,37**	*1,30*	*0,69*	*0,30*	**0,65**	*0,60*	*0,32*	**50**	*47*	*46*	*46*
1880	1,01	1,25	**1,81**	0,93	0,48	0,64	**0,74**	0,46	48	**51**	41	50
81	1,30	**1,58**	1,57	0.94	0,45	**0,83**	0,64	0,40	35	**53**	41	42
82	1,47	**2,40**	1,87	1,15	0,72	**1,30**	0,78	0,51	49	**54**	42	45
83	1,07	**2,32**	1,20	0,67	0,50	**1,15**	0,51	0,19	47	**50**	43	29
84	1,28	**2,94**	1,47	0,72	0,66	**1,01**	0,72	0,30	**52**	34	49	42
Mittel . . .	*1,23*	**2,10**	*1,58*	*0,88*	*0,56*	**0,99**	*0,68*	*0,37*	*46*	**47**	*43*	*42*
1885	1,22	1,38	**1,47**	0,45	0,64	0,54	**0,80**	0,18	**57**	40	54	39
86	0,80	0,96	**1,14**	0,32	0,40	0,42	**0,64**	0,18	50	43	**56**	55
87	0,43	0,30	**0,56**	0,26	**0,24**	0.11	**0,24**	0,11	**56**	37	43	44
88	0,56	**0,99**	0,54	0,27	0,24	**0,48**	0,21	0,10	43	**48**	38	35
89	0,53	**1,12**	0,72	0,38	0,27	**0,61**	0,46	0,18	52	54	**64**	46
Mittel . . .	*0,71*	**0,95**	*0,89*	*0,33*	*0,36*	*0,43*	**0,47**	*0,15*	*51*	*45*	**53**	*46*
1890	0,90	0,90	0,90	0,58	0,51	0,50	**0,56**	0,32	57	55	**63**	55
91	**1,68**	1,07	0,88	0,75	**1,14**	0,48	0,43	0,40	**68**	45	49	53
92	**1,58**	1,01	0,64	0,64	**0,90**	0,64	0,29	0,29	57	**64**	45	45
93	**1,54**	0,70	0,26	0,32	**0,70**	0,29	0,08	0,10	**46**	41	31	30
94	**1,49**	0,64	0,19	0,32	**0,88**	0,40	0,08	0,19	59	**63**	42	60
Mittel . . .	**1,44**	*0,86*	*0,57*	*0,52*	**0,83**	*0,46*	*0,29*	*0,26*	**58**	*53*	*51*	*50*

wachsener Sproſsachsen betrachten, aber auch bei stärker exzentrischen Sproſsachsen finden wir dieselben, wenn wir die einzelnen Jahre in Betracht ziehen. Die Radien der Scheibe II betrugen in der Nord- bis Westrichtung 208, 149, 130,5 und 135 mm, die gröſste Spätholzbreite fanden wir in den Jahren 1878—97 (Tab. 121) 12mal an der Nordseite, 7mal an der Ostseite und 1mal (1892) haben beide Seiten eine gleich breite Spätholzzone.

Auch das Maximum des Spätholzprozentes liegt nicht durchwegs in derselben Richtung, wenn schon die Hauptdruckrichtung auch in dieser Be-

Tab. 124. **Kiefer 30,** 28,8 m hoch.

Jahre	Ringbreite		Spätholzbreite		Spätholz %		Mehr an Spätholz %		Ringbreite		Spätholzbreite		Spätholz %		Mehr an Spätholz %	
	O u. N	W u. S	O u. N	W u. S	O u. N	W u. S	O u. N	W u. S	O u. N	W u. S	O u. N	W u. S	O u. N	W u. S	O u. N	W u. S
	Scheibe I, 0,2 m hoch								Scheibe II, 1,3 m hoch							
1801—04	6,08	5,55	0,43	0,27	6,9	5,0	1,9	—	5,28[1])	5,43	0,23	0,08	4,3	1,4	2,9	—
1805—14	5,28	4,41	0,85	0,90	16,0	20,4	—	4,4	5,91	4,83	1,38	0,78	23,3	16,1	7,2	—
1815—24	4,34	3,47	1,41	0,98	32,4	28,2	4,2	—	4,21	2,77	1,62	0,94	38,4	33,9	4,5	—
1825—34	3,23	2,58	1,02	0,81	31,5	31,5	—	—	3,05	2,11	1,08	0,71	35,4	33,8	1,6	—
1835—44	2,32	2,05	0,73	0,69	31,4	33,6	—	2,2	1,86	1,30	0,65	0,43	35,2	33,3	1,9	—
1845—54	2,31	1,96	0,86	0,75	37,3	38,3	—	1,0	1.90	1,50	0,65	0,54	34,2	35,7	—	1,5
1855—64	1,91	1,45	0,68	0,50	35,8	34,8	1,0	—	1,68	1,28	0,58	0,40	34,3	30,8	3,5	—
1865—74	1,87	1,32	0,63	0,42	33,7	31,6	2,1	—	1,73	0,99	0,65	0,30	37,5	30,4	7,1	—
1875—84	1,74	1,30	0,55	0,38	31,4	29,6	1,8	—	1,55	1,07	0,58	0,39	37,2	36,6	0,6	—
1885—94	1,41	0,97	0,41	0,25	28,9	26,2	2,7	—	1,09	0,95	0,35	0,30	31,9	31,9	—	—
	Scheibe IV, 1,60 m hoch								Scheibe VI, 24,0 m hoch							
1801—04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1805—14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1815—24	2,50[2])	2,00	0,10	0	4,0	0	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1825—34	4,54	3,94	0,65	0,44	14,4	11,3	3,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1835—44	3,51	3,26	0,68	0,62	19,4	19,0	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1845—54	2,32	2,21	0,58	0,51	25,1	22,8	2,3	—	2,41[3])	2,06	0,40	0,18	16,5	8,8	7,7	—
1855—64	1,35	1,43	0,30	0,29	21,9	20,6	1,3	—	2,42	1,93	0,63	0,28	25,8	14,5	11,3	—
1865—74	1,30	1,26	0,29	0,21	22,3	16,7	5,6	—	1,56	1,38	0,34	0,20	21,8	14,6	7,2	—
1875—84	1,23	1,13	0,29	0,20	23,4	17,3	6,1	—	1,51	1,39	0,35	0,26	23,3	18,9	4,4	—
1885—94	1,02	0,95	0,21	0,15	20,6	16,1	4,5	—	1,34	1,27	0,31	0,21	23,2	16,8	6,4	—

ziehung begünstigt ist. In den auf Tabelle 119 und 120 dargestellten 40 Perioden zeigt das höchste Spätholzprozent der Norden 25 mal, der Osten 6 mal, der Süden 0 mal, der Westen 6 mal, und 3 mal sind je 2 Richtungen gleich. Wenn das höchste Spätholzprozent auch sehr häufig in den einzelnen Perioden mit der gröfsten Ringbreite zusammenfällt, so ist dies doch keineswegs immer der Fall so dafs das höchste Spätholzprozent auch in der Richtung der geringsten Ringbreite liegen kann, wie z. B. in den 4 Perioden von 1878—97 bei der Scheibe I (Tab. 119).

Kiefer 28 (Tab. 122, 123), ein infolge der Schiebung durch den Wind nach Osten geneigter Stamm (vergl. S. 179), zeigt dieselben anatomischen Verhältnisse wie die übrigen exzentrischen Stämme. Die Förderung der Ostseite ist hier etwas schärfer ausgeprägt. In den 20jährigen Perioden

[1]) Die Zahlen sind Mittel aus den Jahren 1803 und 1804.

[2]) Enthält nur das Jahr 1824.

[3]) Die Zahlen sind Mittel aus den Jahren 1850—1854.

Tab. 125. **Kiefer 30.**

Scheibe	Höhe m	Periode	Ringbreite, mm				Spätholzbreite, mm				Spätholz %			
			N	O	S	W	N	O	S	W	N	O	S	W
I	0,2	1805—1814	5,11	**5,50**	4,61	4,20	0,65	**1,04**	0,95	0,86	13	19	**21**	20
		15—24	4,12	**4,75**	3,56	3,38	1,34	**1,47**	1,05	0,91	**33**	31	30	27
		25—34	3,08	**3,39**	2,89	2,68	1,10	**1,12**	0,90	0,91	**36**	33	31	34
		35—44	**2,39**	2,25	1,99	2,13	**0,73**	0,72	0,65	0,71	31	32	**33**	**33**
		45—54	**2,55**	2,08	2,05	2,02	**0,92**	0,81	0,72	0,79	36	**39**	35	**39**
		55—64	1,82	**2,00**	1,36	1,53	0,63	**0,74**	0,45	0,56	35	**37**	33	**37**
		65—74	1,46	**1,97**	0,92	1,72	0,51	**0,75**	0,22	0,57	35	**38**	24	33
		75—84	1,33	**2,43**	1,15	1,39	0,39	**0,72**	0,34	0,42	29	**30**	**30**	**30**
		85—94	1,25	**1,57**	0,98	0,95	0,35	**0,46**	0,24	0,27	28	**29**	24	27
Mittel . . .		1805—1894	*2,57*	**2,88**	*2,17*	*2,22*	*0,74*	**0,87**	*0,61*	*0,60*	*29*	**30**	*28*	*27*
II	1,3	1805—1814	5,77	**6,06**	5,19	4,46	**1,78**	0,97	0,86	0,70	**31**	16	16	16
		15—24	3,89	**4,53**	2,97	2,57	**1,63**	1,60	1,02	0,86	**42**	35	34	33
		25—34	2,75	**3,36**	1,99	2,23	0,94	**1,16**	0,74	0,68	34	**35**	32	30
		35—44	**1,87**	1,85	1,17	1,42	**0,66**	0,65	0,40	0,46	**35**	**35**	33	32
		45—54	**2,16**	1,64	1,45	1,55	**0,75**	0,55	0,57	0,51	35	34	**39**	33
		55—64	1,62	**1,75**	1,03	1,53	0,52	**0,64**	0,29	0,49	32	**37**	28	32
		65—74	0,96	**1,25**	0,40	0,87	0,31	**0,50**	0,10	0,27	32	**40**	25	31
		75—84	1,26	**1,83**	0,99	1,14	0,41	**0,74**	0,35	0,43	33	**40**	35	38
		85—94	**1,13**	1,04	0,84	1,04	**0,37**	0,32	0,28	0,32	**33**	31	**33**	31
Mittel . . .		1805—1894	*2,38*	**2,59**	*1,78*	*1,87*	**0,82**	*0,79*	*0,51*	*0,52*	**34**	*31*	*29*	*28*
IV	16,0	1825—1834	4,10	**4,99**	4,35	3,64	0,65	**0,66**	0,51	0,38	**16**	13	12	10
		35—44	3,34	**3,68**	3,41	3,09	0,71	**0,85**	0,77	0,48	21	**23**	**23**	16
		45—54	2,47	2,26	**2,49**	2,04	**0,63**	0,54	0,62	0,39	**26**	24	25	19
		55—64	1,38	1,35	1,39	**1,47**	0,26	**0,33**	0,27	0,32	19	**24**	19	22
		65—74	1,06	**1,54**	1,15	1,36	0,19	**0,39**	0,18	0,24	18	**25**	16	18
		75—84	1,03	**1,44**	1,03	1,24	0,19	**0,39**	0,17	0,23	19	**27**	16	19
		85—94	**1,12**	0,92	0,89	1,00	**0,21**	**0,21**	0,13	0,18	19	**23**	15	18
Mittel . . .		1825—1894	*2,07*	**2,31**	*2,10*	*1,98*	*0,41*	**0,48**	*0,38*	*0,32*	*20*	**21**	*18*	*16*
VI	24,0	1855—1864	2,35	**2,49**	1,97	1,93	**0,70**	0,55	0,31	0,26	**30**	22	16	13
		65—74	1,37	**1,75**	1,39	1,37	0,28	**0,40**	0,21	0,19	20	**23**	15	14
		75—84	1,35	**1,67**	1,39	1,39	0,33	**0,38**	0,27	0,25	**24**	23	19	18
		85—94	1,22	**1,46**	1,35	1,19	0,30	**0,32**	0,23	0,20	**25**	22	17	17
Mittel . . .		1855—1894	*1,57*	**1,84**	*1,53*	*1,32*	*0,40*	**0,41**	*0,26*	*0,23*	**25**	*22*	*17*	*17*

(Tab. 122) der 7 gemessenen Scheiben liegt sowohl das Maximum der mittleren Ringbreite, als der mittleren Spätholzbreite durchwegs an der breiteren Ostseite. In den 28 fünfjährigen Perioden dieser Scheiben (Tab. 122) liegt die gröfste Ringbreite 20mal, die gröfste Spätholzbreite 21mal auf der dem stärkeren Drucke ausgesetzten Ostseite, keinmal auf der Westseite (Zugseite). In den einzelnen Jahren treten die Verschiebungen der Richtung der maximalen Ringbreite und Spätholzbreite mehr hervor, wie wir an Scheibe III sehen (Tab. 123), das Maximum von Ringbreite und Spätholzbreite liegt jedoch niemals an der Westseite. Die Förderung der Spätholzbildung an der Druckseite, die Hemmung an der Zugseite ist nicht zu bezweifeln. In der Mehrzahl der Fälle liegt an der Ostseite auch das Maximum des Spätholzprozentes, doch kann dasselbe auch in anderen Stammrichtungen liegen.

Als letztes Beispiel sei Kiefer 30 angeführt, welche, wie die folgende Übersicht zeigt, etwas weniger exzentrisch gebaut war.

Tab. 126. **Kiefer 30.**

Scheibe	Jahre	Zahl der Ringe	Radien, mm			
			N	O	S	W
I	1801—94	94	257	283	218	222
II	1803—94	92	224	244	171	179
IV	1824—94	71	147	164	149	140
VI	1850—94	45	75	86	72	63

Bei Kiefer 30 ist die Ostseite und teilweise auch die Nordseite etwas stärker gewachsen. Wir können daher diese beiden Seiten zusammenfassen und sie mit der West- und Südseite vergleichen (Tab. 124). In den hier gebildeten zehnjährigen Perioden liegt sowohl die gröfsere Ringbreite, als die gröfsere Spätholzbreite fast durchwegs auf der Nord- und Ostseite. Das höhere Spätholzprozent liegt bei den Scheiben I und II zwar nicht immer, aber doch in der Mehrzahl der Perioden ebenfalls auf diesen Seiten, bei den Scheiben IV und VI zeigt die Nord- und Ostseite durchgehends das höhere Spätholzprozent. Die Differenzen des Spätholzprozentes der beiden Seiten sind hier im allgemeinen geringer, besonders wenn wir die einzelnen Richtungen (Tab. 125) in Betracht ziehen; nur in den ersten Perioden, wo zum Teil Druckzonen das Resultat etwas alterieren (Scheibe II und VI Tab. 125), kommen gröfsere Unterschiede vor. Die geringeren Differenzen erklären sich zum Teil aus der an sich geringeren Höhe des Spätholzprozentes, welches mit dem kräftigen Wachstum dieser Kiefer zusammenhängt, zum Teil aus der geringeren Exzentrizität dieses Stammes.

Ich habe Kiefer 30 besonders aus dem Grunde hier aufgenommen, weil dieselbe uns zeigt, dafs der gröfseren Ringbreite nicht immer die gröfsere Spätholzbreite entspricht. Die inneren Jahresringe sind, wie die Tabelle 125 zeigt, breiter als die Ringe der folgenden Perioden. Trotzdem

finden wir mit Ausnahme der Scheibe VI in der zweiten Periode durchwegs eine breitere Spätholzzone, welche Beobachtung auch für die einzelnen Richtungen der Scheiben (mit Ausnahme der Nordrichtung bei Scheibe II Tab. 125) gilt. Ein analoges Resultat ergiebt auch die Betrachtung der Tabelle 124, nur sind hier zum Teil die Ringe der ersten Periode etwas schmäler, wenn diese nur wenige Jahre umfafst. Die regere Zellteilung resp. die gröfsere Ringbreite in den ersten Jahren einer Scheibe ist nicht auf eine entsprechend gröfsere Belastung zurückzuführen, wie dies bei dem ungleichen Wachstum der Ringe innerhalb derselben Periode oder innerhalb desselben Jahres möglich ist. Wir kommen deshalb bei dem Vergleich aufeinander folgender Perioden zu einem anderen Ergebnisse, als wenn wir das Verhalten der Ring- und Spätholzbreiten innerhalb derselben Periode in Betracht ziehen. Wie schon früher erwähnt, steht die Menge des gebildeten Spätholzes sowohl mit der Wachtumsenergie als mit der Höhe des Druckes im Zusammenhang. Wird die Wachstumsenergie durch Erhöhung des Druckes gesteigert, so erfährt auch die Breite der Spätholzzone eine Vermehrung, wird dagegen die Wachstumsenergie durch andere Faktoren erhöht, so kommt diese Vermehrung der mechanischen Holzelemente nicht in demselben Mafse zur Geltung, und es kann sogar der hier gegebene Fall — schmälere Spätholzzone bei breiteren Jahresringen — eintreten. Dafs dieser Fall nicht immer eintreten mufs, lehrt uns Scheibe VI, bei welcher im zweiten Jahrzehnt (Tab. 125) zugleich mit dem Herabgehen der Ringbreite auch die Spätholzbreite eine Verminderung erleidet.

In Bezug auf die vorstehenden Fragen sind auch die Untersuchungen von R. Hartig zu erwähnen. Derselbe[1]) hat nicht das Spätholzprozent, sondern das spezifische Trockengewicht an drei Kiefern, die 17 Jahre vor der Fällung frei gestellt wurden, untersucht. Innerhalb gewisser Grenzen entspricht das höhere spezifische Trockengewicht einem höheren Spätholzprozent, wir sind daher berechtigt, Hartigs Untersuchungen bei der vorliegenden Frage zu erwähnen. Besonders an einem der drei untersuchten Stämme (Stamm III Hartigs), welcher seit einer langen Reihe von Jahren nach Südosten hinübergedrückt war, ergab sich infolge dieser Schiefstellung eine Förderung der Ostseite und in weit schwächerem Grade auch der Südseite, sowohl in Bezug auf die Ringbreite als auch auf die Qualität des Holzes gegenüber den anderen Seiten. Nach Hartig zeigt die Nord- und Westseite in Bezug auf die Ringbreite im Lichtstande keine Veränderung, in Bezug auf die Qualität eine auffallende Verschlechterung, wogegen die Qualität an der Ostseite (soll heifsen das spezifische Trockengewicht) ganz bedeutend zunimmt und auch die Ringbreite in den ersten 10 Jahren sich hier fast verdoppelt hat. Aus den Zahlen Hartigs ergeben sich einzelne Ausnahmen, welche jedoch das Gesamtresultat nicht zu er-

[1]) R. Hartig, Über den Lichtstandszuwachs der Kiefer. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1888 S. 6. Das Rotholz der Fichte. Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift 1896 S. 159.

erschüttern vermögen. Aus den beiden anderen nicht schief gestellten Stämmen (Stämme I und II) ergiebt sich nach der Freistellung ebenfalls mit einigen Ausnahmen eine Steigerung des spezifischen Trockengewichtes und zwar nicht nur in der Ost- und Westrichtung, sondern auch in der Nord- und Südrichtung. Diese Steigerung des spezifischeu Trockengewichtes ist nicht als Folge gesteigerter Bodenthätigkeit anzusehen, da sich dieselbe ja sonst auch an der Westseite des schief gestellten Stammes hätte geltend machen müssen, sie ist vielmehr auf den nach der Freistellung erhöhten Winddruck zurückzuführen, welche die Spätholzmenge steigerte und zugleich das Spätholzprozent verbesserte.

Aufserdem finden wir nach der Freistellung mit einer einzigen Ausnahme an der Ostseite (Druckseite) ein höheres spezifisches Trockengewicht als an der Westseite (Zugseite) und zwar sind die Differenzen zumeist sehr beträchtlich.

Wie aus meinen Zahlen hervorgeht finden wir zwar nicht immer, aber in der weitaus gröfseren Mehrzahl der Fälle an der Druckseite das höhere Spätholzprozent. Durch Hartigs Angaben über das spezifische Trockengewicht wird dies bestätigt. Die auch bei Hartig zu findenden Ausnahmen entsprechen ebenfalls jenen Fällen, wo das Spätholzprozent an der Druckseite geringer ist, womit jedoch nicht gesagt ist, dafs an der Druckseite die geringere absolute Menge von Spätholz gebildet wird. Das spezifische Trockengewicht entspricht nur unseren Angaben über das Spätholzprozent.

Zu einem von meinen und Hartigs Angaben abweichenden Resultate ist A. Schwappach[1]) gekommen. Derselbe vergleicht bei einer grofsen Anzahl von Stämmen die Druckfestigkeit der breiten und schmalen Seite exzentrisch gewachsener Stämme und aufserdem auch noch bei einer geringeren Anzahl von Stämmen das spezifische Trockengewicht der zu den Druckversuchen benutzten Probekörper. Er kommt zu dem überraschenden Resultate, dafs in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die gröfsere Druckfestigkeit dem kleinsten Radius, d. h. der Stammseite mit den schmalsten Jahresringen entspricht; unter den 66 in seiner Tabelle aufgeführten Stammscheiben trifft dieses in 48 Fällen oder bei 73 % zu. Schwappach tritt hiermit der von Donner[2]) früher ausgedrückten Anschauung entgegen, nach welcher die breitere Seite als die harte, die schmälere Seite als die weiche bezeichnet wird.

Gegen die Schwappachschen Angaben sind wesentliche Bedenken geltend zu machen, welche die gefundenen Resultate als nicht beweiskräftig erscheinen lassen. Die bei den Druckversuchen verwendeten Probekörper sind Würfel, deren Kantenlänge dadurch gegeben ist, dafs der Radius der Scheibe die Diagonale der quadratischen Druckfläche darstellt (l. c. Figur

---

[1]) A. Schwappach, Untersuchungen über Raumgewicht des Holzes wichtiger Waldbäume, I Die Kiefer 1897. S. 39.

[2]) Donner, Die harte und weiche Seite der Kiefer. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen VII, S. 242.

auf S. 6). Diese Probekörper enthielten demnach sehr verschieden festes Holz, in dem die an das Mark grenzenden Teile eine viel geringere Festigkeit aufweisen als die mittleren und äufseren Teile der Scheibe.

In jugendlichen Achsen zeigen die breiteren Ringe häufig ein niedrigeres Spätholzprozent als die schmäleren Ringe. Diese relativ geringere Menge an mechanisch festeren Zellen mufste sich nun bis zu einem gewissen Grade besonders an den breiteren Seiten der Scheiben geltend machen und somit die durchschnittliche Festigkeit dieser Seite herabdrücken. Wie wir gesehen haben, treten in den einzelnen 5- und 10jährigen Perioden Schwankungen in Bezug auf das Spätholzprozent ein, weshalb an sich solche aus ganzen Scheiben gewonnenen Durchschnittswerte keinen vollständigen Aufschlufs geben können. Besonders aber spricht gegen die Schwappachschen Resultate die geringe Übereinstimmung, die in den angeführten Versuchen zwischen Druckfestigkeit und spezifischem Lufttrockengewicht der Probekörper besteht. Druckfestigkeit und spezifisches Lufttrockengewicht wurden an 15 Scheiben bestimmt, von denen 12 das gröfsere Lufttrockengewicht auf der breiteren und nur 3 auf der schmäleren Seite aufwiesen. Es mag ja keine vollständige Proportionalität zwischen Druckfestigkeit und Lufttrockengewicht bestehen, immerhin hätte, wenn die Resultate der Druckversuche richtig gewesen wären, sich eine Übereinstimmung in der Weise ergeben müssen, dafs auch die höhere Druckfestigkeit auf der Seite des höheren spezifischen Gewichtes lag. Dies traf jedoch unter den 15 Scheiben 6mal nicht ein; das bedeutet 40% Fehler. Dafs die leicht auszuführenden Bestimmungen des spezifischen Lufttrockengewichtes falsch seien, ist nicht anzunehmen, und selbst wenn ein ungleicher Gehalt an Wasser dieser „lufttrockenen“ Probekörper die Höhe des spezifischen Lufttrockengewichtes beeinflufst hätte, würde dieser Umstand die Druckresultate nicht wertvoller oder zuverlässiger gemacht haben, da ja, wie aus den Versuchen von Rudeloff hervorgeht, der Wassergehalt des Holzes einen sehr bedeutenden Einflufs auf die Druckfestigkeit ausübt. Hätte Schwappach Scheiben mit extremen Druckdifferenzen, wie sie uns Kiefer 39, Scheibe IV darbot, untersucht, würde er wohl nicht den Satz aufgestellt haben, dafs die dem Winde zugewendete Seite (Zugseite) durch eine Modifikation der mechanischen Eigenschaften des Holzes eine höhere Druckfestigkeit erlangt, denn das weiche, dünnwandige, an Spätholz sehr arme Gewebe konnte unmöglich eine grofse Druckfestigkeit haben. Solche extreme Fälle lassen aber die Wirkungen gewisser Kräfte deutlicher erkennen, als wenn es sich nur um geringere Differenzen der einwirkenden Kräfte handelt.

Wenig zutreffend ist Schwappachs Hinweis (l. c. S. 42) auf eine Angabe R. Hartigs, aus welcher die Vermehrung der Festigkeit an der der Rotholzseite entgegengesetzten hervorgehen soll. Hartig erwähnt, dafs das Gewicht der Unterseite eines Fichtenastes, also das der Druckseite erheblich gröfser ist als das Gewicht der Oberseite. Wir sehen demnach auch hier die breitere Seite mit dem höheren spezifischen Gewicht. Wenn

das Gewicht der Oberseite des Astes nun auch größer ist als das Gewicht des Stammholzes, so handelt es sich hier um zwei nicht zu vergleichende Objekte, indem das Astholz wesentlich kleinere Zellen und dementsprechend mehr Wandsubstanz aufweist als das Stammholz.

Nach Schwappach (l. c. S. 35) besteht zwischen dem Prozentsatz an Spätholz und Druckfestigkeit eine sichere Beziehung, dem höheren Spätholzprozent entspricht auch eine höhere Druckfestigkeit. Schwappach entwirft sogar folgende Tabelle:

Ein durchschnittlicher Prozentsatz an Sommerholz	unter 30%	31—35%	36—40%	über 40%
entspricht einer Druckfestigkeit von kg pro qcm	408	456	514	561

Da ich die Spätholzbreiten sehr genau mit dem Mikroskop gemessen habe, sind meine Angaben hierüber, abgesehen von kleinen Ablesungsfehlern, welche durch die weniger scharfe Begrenzung des Spätholzes bedingt sind, zuverlässig genug, um sagen zu können, daſs dort, wo ein den Spätholzprozenten gerade entgegengesetztes Resultat bezüglich der Druckfestigkeit erhalten wird, der Fehler nicht in meinen Messungen, sondern in den Druckversuchen liegt.

Für die Festigkeit eines Baumes ist die Zunahme der absoluten Menge der mechanischen Elemente maſsgebend. Je gröſser an einem Querschnitt die absolute Zunahme an Spätholzfläche ist, eine desto gröſsere Leistungsfähigkeit wird erzielt. An den exzentrischen Scheiben liegt das gröſsere Dickenwachstum immer auf der Seite des stärkeren Druckes. Die Widerstandsfähigkeit der Druckseite nimmt mit der Vergröſserung der Fläche zu. Eine weitere Steigerung der Widerstandsfähigkeit wird nun dadurch erzielt, daſs je gröſser diese durch den Druck hervorgerufene Flächenvergröſserung ist, eine desto gröſsere Spätholzfläche gebildet wird. Die relative Menge von Spätholz im Vergleich zum Frühholz, d. h. die Höhe des Spätholzprozentes kommt für die Festigung des Baumes erst in zweiter Linie in Betracht. Die Gröſse des Spätholzprozentes ist aber entscheidend für die Härte des betreffenden Holzes. Der höchste Effekt wird erzielt, wenn die breitere Seite zugleich das höhere Spätholzprozent, also das härtere Holz enthält und thatsächlich finden wir dies in der Mehrzahl der Fälle und zwar besonders dann, wenn die einseitige Druckwirkung sehr bedeutend war. Aber auch in jenen Fällen, wo das höhere Spätholzprozent auf der schmalen Seite liegt, die letztere also das härtere Holz aufweist, war die Zunahme der Widerstandsfähigkeit an der Druckseite eine gröſsere, weil durch den Zuwachs an der Druckseite die absolute Spätholzmenge eine gröſsere Zunahme erfuhr. Die Beobachtungen an den exzentrisch gewachsenen Scheiben lehren uns demnach, daſs die Bildung von Spätholz durchwegs der Gröſse der mechanischen An-

forderungen entspricht und zwar ist dies auch dann der Fall, wenn der Zuwachs der Druckseite das weniger harte Holz enthält.

Die Spätholzbildung in verschiedener Stammhöhe.

Es ist seit langem bekannt und auf verschiedenem Wege bestätigt, dafs die unteren Teile des Stammes eine gröfsere Festigkeit aufweisen als die oberen. Es würde zu weit führen, die einzelnen Angaben[1]) über diesen Punkt zu sammeln, ich möchte jedoch erwähnen, dafs schon Duhamel du Monceau[2]) für die Eiche die gröfsere Dichtigkeit und Schwere der basalen Stammteile erkannte. Er schlofs dies aus dem tieferen Eintauchen des basalen Teils eines Balkens in Wasser.[3])

Die Methode, das Verhältnis von Frühholz und Spätholz zu bestimmen, hat schon K. Sanio[4]) angewendet. Nach seiner allerdings nur an einem Kiefernstamm ausgeführten Untersuchung wird das Spätholzprozent unabhängig von der Breite der Jahresringe von unten nach oben verringert. A. Schwappach[5]) hat an einer gröfseren Anzahl von Stämmen eine obere und untere Scheibe, bei 3 Stämmen je 5 Scheiben verglichen. Wenn seine Zahlen auch verschiedene sehr auffallende Unregelmäfsigkeiten bezüglich des Spätholzprozentes aufweisen, die zum Teil wohl auf seine nur makroskopischen Bestimmungen des Spätholzes zurückzuführen sind, so ist doch im allgemeinen das gröfsere Spätholzprozent der unteren Scheiben sicher zu erkennen. Aufserdem sind seine Untersuchungen von Wert, weil sie den innigen Zusammenhang, welcher zwischen dem Prozentsatz an Spätholz und dem Raumgewicht besteht, festgestellt haben. Nach Schwappach trifft in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle der höchste Prozentsatz an Spätholz mit dem gröfsten spezifischen Trockengewicht innerhalb des nämlichen Querschnittes zusammen, aber auch da, wo diese Übereinstimmung nicht besteht, entspricht dem gröfsten Raumgewicht wenigstens ein relativ sehr hoher Prozentsatz an Spätholz. Umgekehrt korrespondieren niederes spezifisches Gewicht und geringe Breite des Spätholzes.

Schwappach giebt für das Gebiet, welchem sein Untersuchungsmaterial entnommen ist (Oberförstereien Eberswalde, Freienwalde, Chorin und Biesenthal) folgendes Verhältnis an:

---

[1]) Die ältere Litteratur ist bei E. Chevandier und G. Wertheim, Memoire sur les propriétés mécaniques du bois, Paris 1848 angegeben (vergl. auch die Übersetzung dieses Werkes von W. F. Exner, Wien 1871).

[2]) Duhamel du Monceau, De l'exploitation des bois, 1764, I Partie, S. 110.

[3]) Nach dem „Ausland" Jahrg. 1859, S. 486 teilt H. Nördlinger in Pfeils Kritischen Blättern 43. Band, 1860, S. 267 mit, dafs von dieser sinnreichen Methode schon altindische Märchen berichten.

[4]) K. Sanio, Anatomie der gemeinen Kiefer. Jahrbücher f. wiss. Botanik, Bd. IX, S. 118.

[5]) A. Schwappach, Beiträge zur Kenntnis der Qualität des Kiefernholzes. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1892, S. 83 und Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume, I Die Kiefer, 1897, S. 20 ff.

Spezifisches Trockengewicht . .	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560—580	600
Spätholzprozent	21	25	28	31	33	35	36	37	38	39	40

Diese Beziehungen scheinen mir insofern interessant, als aus dem raschen Ansteigen des Spätholzprozentes für die Raumgewichte von 380 bis 500 hervorgeht, dafs aufser der Spätholzbreite noch ein zweiter Faktor in der Zunahme begriffen ist, so lange das Spätholzprozent noch niedrig ist; soweit meine Beobachtungen reichen, ist dies aus der Zunahme der Zellwandverdickung im Spätholz und teilweise auch im Frühholz zurückzuführen, indem namentlich an den jüngeren Jahresringen die Breite der Spätholzzone und die Zunahme der Wandverdickung gleichsinnig gesteigert werden.

R. Hartig[1]) verwendete zur Beurteilung der Holzqualität die Gröfse des spezifischen Trockengewichtes. Seine überaus zahlreichen Untersuchungen ergaben, dafs die Abnahme der Qualität von unten nach oben die allgemeine Regel ist, welche nur bei sehr dicht geschlossenen Beständen und unterdrückten Bäumen Ausnahmen zeigt. Auf Hartigs Ansichten über die Ursachen der Verschiedenheit von Holzqualität und spezifischem Gewicht werden wir später noch einzugehen haben.

Dieselben Differenzen bei verschiedener Stammhöhe ergaben die direkten Festigkeitsbestimmungen. Unter den verschiedenen diesbezüglichen Arbeiten von Bauschinger, Rudeloff und anderen sind die von Schwappach[2]) veröffentlichten, an der mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg ausgeführten Festigkeitsbestimmungen die bei weiten umfangreichsten. Danach ist das Holz aus den untersten Stammteilen das schwerste und härteste, beide Eigenschaften nehmen zuerst rasch, dann in den mittleren Baumteilen langsamer ab, das Verhalten der obersten Stammteile ist wechselnd und hauptsächlich durch die Lage der Äste bedingt. Es kam mir hauptsächlich darauf an, die Ursachen der verschiedenen Spätholzbildung zu verfolgen, wobei diese Zahlen für mich nicht weiter verwendbar waren, da es Durchschnittswerte von ganzen Scheiben aus sehr verschiedenen Jahren waren und man aus solchen Zahlen keinen genügenden Einblick in die Thätigkeit des Baumes erhält.

Wenn ich nun trotz dieser im allgemeinen feststehenden Thatsachen Untersuchungen über die Menge des Spätholzes in verschiedenen Stammhöhen angestellt habe, so geschah es, weil die Ursachen dieser Erscheinungen falsch beurteilt worden sind und das Beobachtungsmaterial zu einer genaueren Trennung der hierbei thätigen Faktoren nicht ausreichte.

Aufser den Tabellen 127—131 kommen für die vorliegende Frage noch die Tabellen 74—78 (S. 193—195) und 3—15 (S. 17—28) in Betracht.

---

[1]) R. Hartig, Das spezifische Frisch- und Trockengewicht des Kiefernholzes. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, Bd. VI, 1874; ferner: Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume, 1885. Aufserdem noch zahlreiche andere Aufsätze, die sich zum Teil auch speziell auf die Kiefer beziehen.

[2]) A. Schwappach, Untersuchung über Raumgewicht und Druckfestigkeit etc.

Tab. 127. **Kiefer 14,** Höhe 21,7 m.

Scheibe	Höhe	1878—1887				1888—1897			
		Flächenzuwachs	Breite Jahresring	Breite Spätholz	Spätholz	Flächenzuwachs	Breite Jahresring	Breite Spätholz	Spätholz
	m	qcm	mm	mm	%	qcm	mm	mm	%
I	0,3	14,60	1,73	0,82	**48**	12,33	1,33	0,64	**48**
II	1,3	10,67	1,41	0,71	**51**	9,54	1,13	0,56	**50**
III	3,4	9,85	1,40	0,61	**44**	9,32	1,18	0,57	**49**
IV	5,5	9,28	1,36	0,57	**42**	8,65	1,14	0,49	**43**
V	7,8	9,71	1,50	0,54	**36**	8,86	1,21	0,50	**41**
VI	9,9	9,31	1,61	0,53	**33**	8,83	1,31	0,47	**36**
VII	11,9	9,64	1,90	0,56	**29**	8,75	1,40	0,47	**34**
VIII	14,3	11,28	2,69	0,69	**26**	9,86	1,76	0,55	**31**
IX	16,2	6,99	3,06	0,91	**30**	10,30	2,55	0,91	**36**
X	18,0	3,69	3,20	0,48	**15**	8,57	2,82	0,70	**25**
XI	19,7	0,95 [1])	2,17	0,26	**12**	4,83	2,88	0,64	**22**

[1]) Mittel aus den Jahren 1883—1887.

Tab. 128. **Kiefer 17,** Höhe 19,9 m.

Scheibe	Höhe	1878—1887				1888—1897			
		Flächenzuwachs	Breite Jahresring	Breite Spätholz	Spätholz	Flächenzuwachs	Breite Jahresring	Breite Spätholz	Spätholz
	m	qcm	mm	mm	%	qcm	mm	mm	%
I	0,3	3,79	0,81	0,39	**48**	4,72	0,90	0,44	**49**
II	1,3	3,24	0,74	0,35	**48**	3,63	0,75	0,38	**51**
III	3,4	3,20	0,80	0,37	**46**	3,04	0,68	0,33	**48**
IV	5,5	2,84	0,79	0,33	**42**	2,77	0,69	0,32	**46**
V	7,6	2,73	0,83	0,33	**41**	2,62	0,70	0,27	**38**
VI	9,7	2,85	1,00	0,36	**36**	2,51	0,74	0,27	**37**
VII	11,8	2,90	1,32	0,39	**30**	2,42	0,84	0,28	**34**
VIII	13,7	2,38	1,49	0,36	**24**	2,65	1,10	0,33	**30**
IX	17,0	0,43 [1])	1,83	0,03	**2**	1,54	1,66	0,34	**20**

[1]) Mittel aus den Jahren 1885—1887.

Tab. 129. **Kiefer 16,** Höhe 19,0 m.

Scheibe	Höhe	1878—1887				1888—1897			
		Flächen-zuwachs	Breite		Spät-holz	Flächen-zuwachs	Breite		Spät-holz
			Jahres-ring	Spät-holz			Jahres-ring	Spät-holz	
	m	qcm	mm	mm	%	qcm	mm	mm	%
I	0,3	11,55	1,74	0,57	**33**	10,59	1,39	0,49	**35**
II	1,3	9,17	1,55	0,50	**32**	8,51	1,26	0,41	**33**
III	3,3	8,51	1,58	0,45	**28**	7,25	1,16	0,33	**28**
IV	5,4	7,46	1,49	0,39	**26**	6,05	1,04	0,26	**25**
V	7,5	7,33	1,65	0,36	**21**	5,36	1,03	0,24	**23**
VI	9,8	7,27	2,06	0,39	**19**	4,60	1,02	0,21	**21**
VII	12,6	5,72	2,65	0,50	**19**	4,57	1,34	0,27	**20**
VIII	15,7	1,39 [1]	2,24	0,13	**6**	2,01	1,27	0,25	**20**

[1]) Mittel aus den Jahren 1880—1887.

Tab. 130. **Kiefer 13,** Höhe 21,7 m.

Scheibe	Höhe	1880—1884				1885—1889				1890—1894			
		Flächen-zuwachs	Breite		Spätholz	Flächen-zuwachs	Breite		Spätholz	Flächen-zuwachs	Breite		Spätholz
			Jahres-ring	Spät-holz			Jahres-ring	Spät-holz			Jahres-ring	Spät-holz	
	m	qcm	mm	mm	%	qcm	mm	mm	%	qcm	mm	mm	%
II	1,4	9,78	1,07	0,35	**33**	5,76	0,61	0,14	**22**	4,13	0,43	0,08	**19**
III	5,5	6,83	0,81	0,18	**23**	3,58	0,42	0,06	**14**	3,68	0,42	0,05$_4$	**13**
IV	9,6	6,09	0,81	0,14	**17**	3,98	0,51	0,07$_6$	**15**	3,08	0,39	0,04	**10**
V	13,7	6,53	1,03	0,19	**18**	4,17	0,63	0,08	**13**	3,26	0,48	0,04$_8$	**10**
VI	15,8	6,59	1,32	0,25	**19**	4,02	0,76	0,11	**15**	3,60	0,65	0,06$_8$	**10**
VII	17,9	5,72	1,54	0,28	**18**	3,92	0,96	0,15	**15**	4,97	1,12	0,13	**11**
VIII	20,0	0,79	1,00	0,10	**10**	1,12	1,01	0,17	**17**	1,90	1,29	0,15	**12**

Die gefundenen Resultate wurden auch noch durch das Verhalten anderer Kiefern bestätigt.

Ebenso wie bei der Betrachtung der exzentrisch gewachsenen Scheiben haben wir bei der Spätholzbildung in verschiedener Stammhöhe die absolute Menge von Spätholz (Spätholzfläche) und das Spätholzprozent zu trennen.

Zwischen der Gröfse des Flächenzuwachses und der in verschiedener Stammhöhe gebildeten Spätholzfläche bestehen insofern gewisse Beziehungen, als eine stärkere Steigerung der Jahresringfläche mit einer Vermehrung der Spätholzfläche verbunden ist. Die Schwankungen der Spätholzfläche stehen jedoch nicht in einem bestimmten Verhältnisse

Tab. 131. **Kiefer 5,** 9,8 m hoch.

Scheibe	Höhe	1875—1879					1880—1884				
		Flächen-zuwachs	Breite		Spätholz	Spätholzfläche	Flächen-zuwachs	Breite		Spätholz	Spätholzfläche
			Jahres-ring	Spät-holz				Jahres-ring	Spät-holz		
	m	qcm	mm	mm	%	qcm	qcm	mm	mm	%	qcm
I	0,2	1,37	0,50	$0,09_5$	**19**	0,26	1,32	0,46	$0,10_9$	**24**	0,32
II	1,3	1,06	0,43	$0,06_6$	**15**	0,16	1,02	0,39	$0,08_1$	**21**	0,21
III	3,4	0,90	0,46	$0,07_8$	**17**	0,15	1,07	0,50	$0,10_2$	**20**	0,21
IV	5,5	0,98	0,63	$0,03_7$	**22**	0,22	1,23	0,70	$0,16_2$	**23**	0,28
V	7,6	0,33	1,12	0,22	**20**	0,07	0,66	1,03	0,29	**28**	0,18
		1885—1889					1890—1894				
I	0,2	0,67	$0,22_7$	$0,04_8$	**21**	0,14	0,45	$0,15_0$	$0,02_2$	**14**	0,06
II	1,3	0,45	$0,16_8$	$0,03_4$	**21**	0,09	0,30	$0,10_6$	$0,01_8$	**17**	0,05
III	3,4	0,45	$0,20_2$	$0,04_5$	**22**	0,10	0,17	$0,07_8$	$0,01_1$	**14**	0,02
IV	5,5	0,49	$0,25_5$	$0,06_1$	**24**	0,12	0,22	$0,11_0$	$0,01_8$	**17**	0,04
V	7,6	0,75	0,81	0,26	**33**	0,25	0,52	0,46	$0,13_0$	**28**	0,15

Jahresringfläche und Spätholzfläche in Prozent der Scheibe I.

Tab. 132.

Scheibe	Kiefer 34 1891—95		32 1885—94		8 1885—94		3 1885—94		14 1888—97		15 1878—87		15 1888—97		5 1885—89	
	Jahresring	Spätholz	Jahresring	Spätholz	Jahresring	Spätholz	Jahresring	Spätholz	Jahresring	Spätholz	Jahresring	Spätholz	Jahresring	Spätholz	Jahresring	Spätholz
I	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
II	72	81	69	68	72	84	87	94	78	81	42	30	46	33	67	64
III	66	69	55	48	65	62	75	63	76	77	52	37	49	28	67	72
IV	63	54	51	36	58	54	71	47	70	63	63	40	55	28	73	86
V	64	41	46	31	65	53	66	39	72	61	66	42	65	40	112	179
VI	60	33	40	20	82	48	79	46	72	54	62	40	61	30	—	—
VII	50	18	42	23	49	20	87	46	71	50	70	47	63	35	—	—
VIII	—	—	34	17	—	—	—	—	80	52	77	44	70	43	—	—
IX	—	—	31	15	—	—	—	—	84	63	93	63	102	70	—	—
X	—	—	29	13	—	—	—	—	70	36	21	9	116	95	—	—
XI	—	—	8	10	—	—	—	—	39	18	—	—	—	—	—	—

zu den Flächenzuwachsdifferenzen, indem geringere Schwankungen des einen Faktors nicht von den gleichen Abweichungen des anderen Faktors begleitet sind.

Die Werte für die Spätholzflächen in verschiedenen Höhen sind in den Tabellen 74—78 angegeben. Dieselben wurden aus der Jahresringfläche und dem Spätholzprozent berechnet und sind daher nur Nährungswerte, doch reicht diese Genauigkeit für unsere Zwecke aus. Zur besseren Übersicht der Veränderungen von Jahresringfläche und Spätholzfläche dient außerdem noch Tabelle 132, in welcher beide Werte in Prozenten der untersten Scheibe angegeben sind.

Die einzelnen Kiefern verhalten sich bezüglich der Schwankungen von Flächenzuwachs und Spätholzfläche nicht gleich.

Bei einem Teil der Stämme, zu welchen Kiefer 34 (Tab. 77) und 32 (Tab. 76) gehören, zeigen Flächenzuwachs und Spätholzfläche eine konstante Abnahme in der Richtung von unten nach oben (vergl. auch Tab. 132). Die Spätholzfläche nimmt nicht in demselben Verhältnis ab als die Ringfläche, sondern wird relativ stärker vermindert. Kleine Schwankungen kommen bei beiden Kiefern vor und zwar ist die geringe Zunahme des Flächenzuwachses bei Kiefer 34 Scheibe V nicht von einer Zunahme der Spätholzfläche begleitet, während bei Kiefer 32 Scheibe III mit der Zunahme der Ringfläche auch die Spätholzfläche eine entsprechende Steigerung erfährt. Diese Erhöhung ist die Folge des Druckes, welchen die über der Scheibe VII ansetzenden Äste auf diese Scheibe ausüben.

Bei Kiefer 8 (Tab. 5 und 132) verlaufen die Veränderungen von Ringfläche und Spätholzfläche nicht gleichsinnig. Das Flächenwachstum zeigt in der Richtung von unten nach oben zuerst eine Abnahme, sodann bis Scheibe VI eine Zunahme, worauf eine abermalige Abnahme folgt. Die Spätholzfläche dagegen zeigt eine konstante Abnahme von unten nach oben.

Die Schwankungen von Ringfläche und Spätholzfläche bei den Kiefern 3 und 14 (Tab. 78, 74 und 132) zeigen wenigstens eine teilweise Übereinstimmung. Vollständig ist dieselbe nicht, indem bei Kiefer 3 Scheibe VII die Ringfläche steigt, die Spätholzfläche gleich bleibt, bei Kiefer 14 die Ringflächen der Scheiben IV und VII fast gleich sind, die Spätholzflächen aber differieren.

Bei den Kiefern 15 und 5 (Tab. 75, 131 und 132), welche ein stark vermindertes Gesamtwachstum aufweisen, steigt der Flächenzuwachs in den oberen Scheiben relativ viel stärker und überschreitet hier zum Teil sogar den Flächenzuwachs der Scheibe I. Einer relativ so starken Vergrößerung der Ringfläche in den oberen Scheiben folgt auch die Vergrößerung der Spätholzfläche.

In gleicher Weise bestehen Beziehungen zwischen der Breite der Jahresringe in verschiedener Stammhöhe und der Breite der Spätholzzonen. Es läßt sich nicht leugnen, daß bei relativ großer Steigerung der Ringbreite auch die absolute Breite der Spätholzzonen zunimmt, jedoch ohne eine bestimmte Proportion.

Bei Kiefer 34 (Tab. 77) sind die Differenzen in der Ringbreite der

verschiedenen Höhen relativ gering, die Verminderung der Spätholzbreite in der Richtung von unten nach oben wird hier durch das Fallen und Wiederansteigen der Ringbreite nicht alteriert. Wir finden ein derartiges Verhalten namentlich bei jüngeren Perioden und an Stämmen, deren Beastung weiter herabgeht, wodurch die stärker abholzige Form bedingt ist. Weitere Beispiele liefern die Kiefern 8 (Tab. 5), 20 (Tab. 8), 29 (Tab. 12), 2 (Tab. 3).

Bei gröſseren Differenzen in der Ringbreite zwischen den unteren und oberen Scheiben und bei stärkerer Begünstigung des Dickenwachstums in den oberen Stammteilen steigt auch die Spätholzbreite in diesen Teilen. Dieselbe ist an der Stammbasis durchwegs gröſser als in den nächst höher liegenden Scheiben, auf diese Abnahme erfolgt jedoch oft eine sehr beträchtliche Zunahme im oberen Stammteile sowie in der Krone, und erst in den jüngsten Trieben wird die Spätholzzone wieder schmäler. Die oben angeführten Tabellen bieten zahlreiche Belege hierfür.

Allerdings ist zur Bildung einer bestimmten Spätholzbreite in den oberen Scheiben immer eine gröſsere Ringbreite erforderlich als in den unteren Scheiben, wie denn auch bei gleicher Ringbreite, aber verschiedener Stammhöhe immer die untere Scheibe eine breitere Spätholzzone aufweist.

In Bezug auf das Verhältnis von Frühholz und Spätholz, wie dasselbe durch das Spätholzprozent veranschaulicht wird, haben wir zunächst jene Stämme auszuscheiden, deren Gesamtdickenwachstum eine sehr beträchtliche Verminderung erleidet. Abgesehen von diesen Stämmen finden wir überall eine sehr auffallende und regelmäſsige Abnahme des Spätholzprozentes von der Basis des Stammes nach der Spitze. Namentlich können die Kiefern 14, 17, 16 (Tab. 127—129) als Beispiele angeführt werden, indem hier der Abstand der Scheiben geringer ist und die Scheiben über den Stamm gleichmäſsig verteilt sind. Der Ansatz der Krone bei der Fällung ist in diesen Tabellen durch einen Querstrich in der ersten und zweiten Spalte angedeutet. Der astfreie Schaft ist hier relativ lang, was für die Regelmäſsigkeit der Abnahme des Spätholzprozentes von Wichtigkeit ist, indem durch den Ansatz von Seitenästen leicht lokale Abweichungen hervorgerufen werden.

Bei der Regelmäſsigkeit, mit welcher die Abnahme des Spätholzprozentes in der Richtung von unten nach oben erfolgt, müssen Abweichungen durch besondere Ursachen bedingt sein. Dies ist der Fall einerseits innerhalb der Krone oder unmittelbar unter dem Ansatz derselben, andererseits an der Basis des Stammes.

Die Abweichungen in dem oberen Teile des Stammes sind selten und finden sich, soweit ich es verfolgen konnte, nur in Verbindung mit den Ästen.[1]) Unterhalb der Äste wird das Dickenwachstum infolge des Druckes

[1]) Bei der Fichte scheinen dieselben, nach den Angaben R. Hartigs zu schlieſsen, häufiger zu sein, es könnte dies möglicherweise mit den dichter stehenden Ästen dieser Spezies zusammenhängen.

auch an der Tragachse vergröſsert und zugleich findet eine Erhöhung des Spätholzprozentes statt. Es ist dieselbe Wirkung wie bei einseitig gesteigertem Druck, wo zugleich mit der Exzentrizität des Dickenwachstums das Spätholzprozent eine Erhöhung erfährt. Derartige Abweichungen sind bei meinen Stämmen selten, da ich es zumeist vermied, Scheiben unmittelbar unter Astansatzstellen zu entnehmen. In der Wachstumsperiode 1885—1894 trat unter 20 Stämmen nur 3 mal eine Alteration der gleichmäſsigen Abnahme des Spätholzprozentes auf und zwar bei Kiefer 32 Scheibe VII (Tab. 76), unter dem Ansatz der Krone, bei den Kiefern Nr. 14 Scheibe IX (Tab. 127), und Nr. 4 Scheibe VI (Tab. 4), innerhalb der Krone. Wenn an den aus wenigen Jahren bestehenden obersten Sproſsteilen Unregelmäſsigkeiten gefunden werden, so kann dies eventuell auch durch eine mangelhafte Ablesung der hier weniger deutlich abgegrenzten Spätholzzonen oder durch Auftreten von Druckzonen bedingt sein.

Eine andere Bedeutung haben die Differenzen, welche zwischen der basalen Scheibe I, 0,2—0,3 m über dem Boden, und der Scheibe II, 1,3 m über dem Boden bestehen. Bei 31 Stämmen wurden 84 zehnjährige Perioden verglichen, wobei sich herausstellte, daſs Scheibe I in 41 Fällen ein geringeres, in 4 Fällen ein gleiches, in 39 Fällen ein höheres Spätholzprozent aufwies. Zum Teil hing in den Fällen, wo bei Scheibe I ein höheres Spätholzprozent gefunden wurde, dies mit dem jüngeren Alter der Ringe in der Scheibe II zusammen, so daſs, wenn dieser Umstand berücksichtigt worden wäre, das Spätholzprozent bei Scheibe I noch weit häufiger niedriger gewesen wäre als bei Scheibe II.

Auf die Ursache dieser Erscheinung werde ich später eingehen.

Ein wesentlich anderes Bild von den Differenzen des Spätholzprozentes in verschiedenen Stammhöhen erhalten wir bei Kiefern mit sehr geringem Wachstum, sei es nun, daſs es sich um unterdrückte Stämme handelt oder um alternde aber freistehende Stämme oder schlieſslich nur um eine vorübergehende Erscheinung nach Insektenfraſs an den Nadeln.

Bei Kiefer 15 (Tab. 75) tritt von der Basis ausgehend zunächst eine Verminderung des Spätholzprozentes ein, welche etwa von der Mitte des Stammes aus in eine Erhöhung des Spätholzprozentes übergeht.

Das Wachstum in der Periode 1888—97 ist in starker Abnahme begriffen. Bei den Scheiben II—IV fehlen die Jahresringe von 1894—97 vollständig, bei V—VIII zum Teil, bei den Scheiben I und IX setzt die Ringbildung nur vereinzelt aus, während bei X alle Ringe vollständig vorhanden sind (vergl. Tab. 99).

In der vorhergehenden zehnjährigen Periode 1878—87, wo nur in dem Jahre 1878 infolge des Nonnenfraſses die Ringe in einzelnen Scheiben fehlen, sind die Spätholzprozente, abgesehen von einigen Schwankungen, annähernd gleich, nur die basale Scheibe I weist einen höheren Wert auf. Eine regelmäſsige Abnahme des Spätholzprozentes von unten nach oben liegt nicht vor.

Bei Kiefer 13 sind in den drei 5jährigen Perioden von 1880—1894

(Tab. 130) die Jahresringe in allen Richtungen vollständig vorhanden, das Wachstum jedoch im allgemeinen stark reduziert (vergl. Tab. 98). In der Periode 1880—84 erfolgt die Abnahme des Spätholzprozentes von unten nach oben regelmäfsig, in den folgenden Perioden verschwinden die Unterschiede der verschiedenen Höhen, nur die unterste Scheibe (hier bei 1,3 m) zeigt ein etwas gröfseres Spätholzprozent, und auch bei der obersten Scheibe ist eine Steigerung desselben angedeutet.

Die unterdrückte Kiefer 5 (Tab. 131) ist ca. 3—5 m niedriger als die übrigen Stämme desselben Bestandes. An den Scheiben I und V sind alle Ringe vollständig vorhanden, an den Scheiben III und IV fehlt der Ring von 1889, aufserdem sind hier ebenso wie bei Scheibe II in den Jahren 1888—94 einzelne Ringe nicht allseitig ausgebildet (vergl. Tab. 97). In den Perioden 1875—79 und 1880—84 zeigt die unterste Scheibe noch ein etwas höheres Spätholzprozent, in der Periode 1885—89 steigt dasselbe von unten nach oben, was auch in der letzten Periode mit einer Ausnahme zutrifft. Die Erhöhung des Spätholzprozentes in der obersten Scheibe tritt in den letzten 3 Perioden sehr deutlich hervor.

Eine vorübergehende Veränderung der normalen Verteilung der Spätholzprozente kann auch durch eine stärkere Frafsbeschädigung an den Nadeln herbeigeführt werden. Bei schwacher Frafsbeschädigung wie bei Kiefer 2 (Tab. 140) wird die normale Abnahme des Spätholzprozentes von unten nach oben im Frafsjahre selbst (1876) nicht alteriert, auch bei den stärker beschädigten Stämmen läfst sich unten zumeist noch ein Mehr an Spätholzprozent erkennen. In dem auf das Frafsjahr folgenden Jahre und bei starker Beschädigung der Krone auch in den nächsten Jahren tritt eine Vergröfserung des Spätholzprozentes in den oberen Stammteilen ein. Dabei liegt das Minimum des Spätholzprozentes fast immer in den mittleren Stammteilen, eventuell kann auch nur ein Ausgleich der Spätholzprozente wie bei Nr. 15 (Periode 1878—87, Tab. 75) eintreten.

Der Vergleich des Flächenzuwachses in verschiedener Stammhöhe mit den Spätholzprozenten ergiebt, dafs bei jenen Stämmen, wo der Flächenzuwachs von unten nach oben konstant abnimmt, auch die Spätholzprozente eine entsprechende Abnahme zeigen. Als Beispiele hierfür seien die Kiefern 32 (Tab. 76), 34 (Tab. 77) und 16 (Tab. 129) angeführt. Die geringe Abweichung, welche die Scheibe VII der Kiefer 32 infolge Astdrucks aufweist, wurde schon früher erwähnt. Bei Kiefer 34 wirkt die geringe Steigerung des Flächenzuwachses der Scheibe V dem Fallen des Spätholzprozentes nicht entgegen. Es ist nun vollständig falsch, aus dem Verhalten dieser Kiefern zu schliefsen, dafs durchwegs mit der Abnahme des Flächenzuwachses eine Abnahme des Spätholzprozentes verbunden sei. Bei Stämmen, wo der Flächenzuwachs in den einzelnen Höhen weniger verschieden oder auf längere Strecken annähernd gleich ist, fällt trotzdem das Spätholzprozent sehr beträchtlich. Bei Kiefer 14 (Tab. 127) schwankt an den Scheiben IV—VII (Periode 1888—97) der Flächenzuwachs zwischen 8,65—8,83 qcm pro Jahr und trotzdem geht das Spätholzprozent

an diesen Scheiben von 43 auf 34% zurück. Bei Scheibe VIII steigt der Flächenzuwachs, während das Spätholzprozent weiter fällt. Die Scheibe IX innerhalb der Krone gelegen, zeigt eine Vermehrung von Flächenzuwachs und Spätholzprozent, doch finden wir in der vorausgehenden Periode 1878 bis 87 die gleiche Zunahme des Spätholzprozentes, obgleich der Flächenzuwachs sinkt.

Bei Kiefer 17 (Tab. 128) sind die Flächenzuwachsdifferenzen entsprechend dem an sich niedrigen Flächenzuwachs gering, trotzdem finden wir beträchtliche Differenzen im Spätholzprozent. Die geringe Zunahme des Flächenzuwachses bei Scheibe VI und VII, Periode 1878—87, bei Scheibe VIII, Periode 1888—97 wirkt der Abnahme des Spätholzprozentes nicht entgegen. Als weitere Beispiele seien die Perioden 1885—94 von den Kiefern 2 (Tab. 3), 8 (Tab. 5), 38 (Tab. 15) angeführt, wo trotz konstanten Fallens der Spätholzprozente der Flächenzuwachs in bestimmten Stammhöhen eine Zunahme erfährt.

Auf den Vergleich verschiedener Stämme soll erst später eingegangen werden, doch möchte ich schon hier hervorheben, daſs, sobald die für die Spätholzbildung notwendige Ernährung eine genügende ist, diese gleichen Spätholzprozente bei sehr verschieden groſsem Flächenzuwachs gebildet werden können, so z. B. bei den Stämmen 14 und 17 (Tab. 127 und 128), obwohl der Flächenzuwachs bei Nr. 14 ca. 3mal so groſs ist als bei Nr. 17.

Bei unterdrückten Kiefern, wie z. B. bei Nr. 5 (Tab. 131), nimmt der Flächenzuwachs von der Basis aus zunächst ab, um erst in den obersten Scheiben wieder zu steigen. In den letzteren ist auch das Spätholzprozent gröſser. In den Perioden 1885—89 und 1890—94 zeigt die Scheibe V dieses Stammes eine Steigerung des Flächenzuwachses und gleichzeitig des Spätholzprozentes, die Steigerung des letzteren erfolgt aber auch, wenn der Flächenzuwachs geringer ist, wie die Periode 1880—84 desselben Baumes zeigt.

Bei der alternden Kiefer 13 (Tab. 130) bleibt an den Scheiben VII und VIII in den Perioden 1885—89 und 1890—94 das Spätholzprozent annähernd gleich, obschon der Flächenzuwachs der Scheibe VIII wesentlich geringer ist. Analoge Abweichungen bietet auch die sehr geringwüchsige Kiefer 15 (Tab. 75).

Aus dem Gesagten geht hervor, daſs zwar bei einem Teil der Bäume gleichsinnige Veränderungen von Flächenzuwachs und Spätholzprozent vorkommen, es herrscht aber nicht jene Übereinstimmung, welche notwendig wäre, um behaupten zu können, die Veränderung des Flächenzuwachses sei die Ursache der verschiedenen Spätholzbildung.

Von der Ringbreite ist die Höhe des Spätholzprozentes nicht abhängig. Am instruktivsten sind in dieser Beziehung jene Kiefern, welche an der Basis und in einer der oberen Scheiben die gleiche Ringbreite aufweisen und deren Vergleich uns zeigt, daſs bei derselben Ringbreite die Spätholzprozente sehr verschieden sein können. So verweise ich auf Kiefer 14 (Tab. 127), deren Scheiben I und VI bei fast gleicher Ringbreite, 1,33 resp. 1,31 mm, 48 resp. 36% Spätholz zeigen. Analoge Differenzen bieten

Kiefer Nr. 16 (Tab. 129) Scheibe I und VII, Nr. 15 (Tab. 75) Scheibe I und V, Nr. 32 (Tab. 76) Scheibe I und IX, Nr. 34 (Tab. 77) Scheibe I und VI und andere Stämme. Die Abweichungen der Ringbreite in verschiedenen Höhen sind nicht von entsprechenden Veränderungen des Spätholzprozentes begleitet, wofür die angegebenen Tabellen zahlreiche Beweise liefern.

Abgesehen von den unterdrückten Bäumen ist die starke Zunahme der Ringbreite in den oberen Stammteilen mit einer Abnahme des Spätholzprozentes verbunden, doch kann die Verminderung des letzteren noch weiter gehen, wenn auch die Jahresringe wieder schmäler werden, so z. B. bei Kiefer 14 (Tab. 127) Scheibe XI, Periode 1878—87, bei Kiefer 16 (Tab. 129) Scheibe VIII, Periode 1878—87.

Bei unterdrückten Stämmen dagegen steigt das Spätholzprozent in den obersten Scheiben bei gleichzeitiger relativ starker Verbreiterung der Ringe, wofür uns Kiefer 5 (Tab. 131) in den Perioden 1880—94 als Beispiel dienen kann.

Eine Mittelstellung nimmt die in ihrer Wachstumsnergie stark verminderte aber nicht unterdrückte Kiefer 13 (Tab. 130) ein, bei welcher trotz Zunahme der Ringbreite in den oberen Stammteilen keine wesentliche Veränderung der Spätholzprozente vorliegt.

Schon von Sanio (l. c. S. 120) wurde auf die Bedeutung der Thatsache, dafs das Herbstholz unten viel stärker entwickelt ist als im Wipfel, hingewiesen. Er sagt, dafs vermutlich die gröfsere Dicke des Stammes an den unteren Teilen nicht ausreiche, um hier eine gleiche Widerstandskraft wie im oberen Schafte herzustellen, dieselbe würde erst durch den verschiedenen Bau des Holzes erreicht.

Wie wir im 7. Kapitel gesehen haben, hat der Kiefernstamm die Form eines Trägers gleichen Widerstandes, die Form allein würde demnach, entgegen der Annahme Sanio's, genügen, eine durchwegs gleiche Widerstandsfähigkeit gegen Biegung herzustellen. Trotzdem wird man die Nützlichkeit der Ausbildung härteren Holzes am unteren Stammende namentlich für die Steifheit des Stammes zugeben müssen.

Nachdem wir die Abhängigkeit der Verteilung des Zuwachses von der mechanischen Beanspruchung nachgewiesen haben, handelt es sich für uns zunächst um die Frage, ob die Bildung des Spätholzes, dieses den mechanischen Ansprüchen angepafsten Gewebes, den nach der Höhe am Stamm verschiedenen Druckgröfsen entspricht.

Ist meine Auffassung richtig, dafs der als Reiz wirkende Druck für die Spätholzbildung mafsgebend ist, mufste die Menge des Spätholzes einerseits von der Beschaffenheit d. h. Reizbarkeit der betreffenden Zellen andererseits von der Gröfse des Druckes abhängen. Die Gröfse des Druckes ist nun wiederum abhängig von der Gröfse der biegenden Kraft und dem Abstande des Angriffspunktes der Kraft von dem betreffenden Stammquerschnitt und aufserdem von der Form und Gröfse der betreffenden Querschnittsfläche. Bei gleicher biegender Kraft wächst der Druck mit dem Abstand der Scheibe von dem Angriffspunkte der biegenden Kraft

und vermindert sich mit der Gröſsenzunahme der Querschnittsfläche. Die biegende Kraft des Windes kann man sich im Schwerpunkt der Krone angreifend denken. Der Abstand von diesem Punkte bis zu der betreffenden Scheibe mit x bezeichnet wird der Druck um so gröſser sein, je gröſser der Quotient $\frac{x}{F}$ ist, wobei F die Fläche der betreffenden Scheibe vorstellt. Da jedoch hierdurch nicht alle für die Biegung des Stammes in Betracht kommenden Faktoren berücksichtigt sind, kann dieser Quotient nur ein ungenauer Ausdruck für die Gröſse der Druckwirkung darstellen.

Für die Kiefern 34, 32, 23 und 3 sind uns die Werte für x bekannt (vergl. S. 186—188), wir können daher für diese Stämme auch das Verhältnis zwischen dem Abstand des Schwerpunktes der Krone von der betreffenden Scheibe und der Fläche dieser Scheibe bestimmen, was in Tab. 133 ausgeführt ist. Für den Wert x den Abstand bis zur Stammspitze zu setzen ist nicht ratsam, da hierdurch ein weiterer Fehler entsteht. Die Querschnittsfläche vermindert sich von unten nach oben, zugleich erfährt aber der Wert von x eine relativ stärkere Abnahme, weshalb die Verhältniszahl, welche uns die Gröſse des Druckes veranschaulichen soll, von unten nach oben abnimmt.. Eine Ausnahme, macht nur die Scheibe I, welche 0,2—0,3 m über dem Boden gelegen eine relativ zu groſse Querschnittsfläche aufweist, wodurch die betreffende Verhältniszahl herabgemindert wird. Den Veränderungen dieser Verhältniszahl entspricht eine gleichsinnige Veränderung des Spätholzprozentes, welche zum Teil auch in der Gröſse des Spätholzprozentes der untersten Scheibe zum Ausdruck kommt. Kiefer 32 verhält sich etwas abweichend, insofern als hier bei Scheibe I eine Verminderung des Spätholzprozentes nicht eintritt und auſserdem trotz Gleichbleibens der Verhältniszahl bei den Scheiben II—IV das Spätholzprozent sinkt. Eine vollständige Übereinstimmung beider Faktoren können wir jedoch nicht erwarten, da ja auſser dem Spätholze auch das Frühholz wenn auch in einem geringeren Grade als das Spätholz dem Drucke Widerstand leistet und auſserdem, wie schon oben ausgeführt der Faktor $\frac{x}{F}$ nur ein ungenaues Maſs von der Verschiedenheit des Druckes darstellt. Auſserdem sind bei der Spätholzbildung noch andere Faktoren thätig, weshalb es nicht angeht ohne weiteres Kiefern verschiedener Bestände, wie sie hier vorliegen, mit einander zu vergleichen.

Die Betrachtungen über die Beziehungen zwischen Flächenzuwachs und Spätholzbildung haben ergeben, daſs an demselben Stamm eine erhebliche Vergröſserung des Flächenzuwachses auch auf die Vergröſserung der absoluten Spätholzfläche hinwirkt, die letztere erfolgt jedoch nicht proportional der Zunahme des Flächenzuwachses. Wir dürfen daraus entnehmen, daſs jene mechanischen Faktoren, welche die Verteilung des Zuwachses am Stamm beeinflussen, d. h. die Biegungen des Stammes resp. die Verkürzung der Jungholzregion auch auf die Ausbildung des Spätholzes einwirken. Würde die Spätholzbildung nur von diesen das Flächenwachstum

Tab. 133.

Kiefer 34					Kiefer 23				
Scheibe	Wert von x m	Fläche d. Scheibe 1895 qcm	x / Fläche	Spätholz % 1891—95	Scheibe	Wert von x m	Fläche d. Scheibe 1895 qcm	x / Fläche	Spätholz % 1891—95
I	15,2	284	5,4	42	I	8,15	235	3,5	29
II	14,2	213	6,7	46	II	7,0	149	4,7	33
III	12,1	190	6,4	44	III	4,9	116	4,2	25
IV	10,0	169	5,9	36	IV	2,8	85	3,3	19
V	7,9	149	5,3	27	V	0,7	37	1,9	—
VI	5,8	113	5,1	23					
VII	3,7	61	6,1	14					

Kiefer 32					Kiefer 3				
Scheibe	Wert von x m	Fläche d. Scheibe 1894 qcm	x / Fläche	Spätholz % 1885—94	Scheibe	Wert von x m	Fläche d. Scheibe 1894 qcm	x / Fläche	Spätholz % 1885—94
I	26,8	1435	1,9	48	I	12,9	177	7,3	49
II	25,7	979	2,6	47	II	11,8	153	7,7	53
III	21,6	815	2,6	42	III	9,7	129	7,5	41
IV	17,5	670	2,6	34	IV	7,6	110	6,9	32
V	13,4	557	2,4	32	V	5,5	87	6.3	29
VI	9,3	439	2.1	24	VI	3,4	65	5,2	28
VII	7,2	406	1,8	26	VII	2,3	50	4,6	26
VIII	5.1	288	1,8	24	VIII	1,2	32	3,8	—
IX	3,0	199	1,5	23					

beeinflussenden Faktoren bestimmt, müſste die Spätholzfläche in einem bestimmten Verhältnis zur Fläche des ganzen Ringes stehen, eventuell müſste das Spätholzprozent bei verschiedener Stammhöhe gleich sein, was bekanntlich nicht der Fall ist. Daraus folgt, daſs auſserdem noch andere Faktoren auf die Spätholzbildung von Einfluſs sind. Soll eine den mechanischen Anforderungen entsprechende Verteilung der Spätholzprozente stattfinden, was thatsächlich der Fall ist, so wird man als ferner wirkende Ursache einen weiteren mechanischen Faktor in Betracht ziehen müssen. Diesen Faktor sehe ich in der Gröſse der Belastung, welche auf der Querscheibe, also auch auf der Jungholzregion ruht, ohne Rücksicht auf die Biegungen des Stammes.

Wie ich bereits früher (S. 192) gezeigt habe und wie durch die Tabellen 74—78 veranschaulicht ist, nimmt die auf einer Scheibe ruhende Last (pro Quadratcentimeter Fläche) von dem unteren Teile des Stammes nach der Spitze hin ab, und nur die unterste Scheibe macht zumeist eine Ausnahme, indem bei einer Höhe von 0,2—0,3 m über dem Boden die auf 1 qcm ruhende Last wegen der beträchtlichen Steigerung der Fläche an der Stammbasis in der Regel kleiner ist als bei 1,3—1,4 m Höhe.

Diesen Differenzen der Belastung bei verschiedener Höhe entspricht nun bis zu einem gewissen Grade die Höhe des Spätholzprozentes, welches im allgemeinen von unten nach oben abnimmt, wie denn auch die so häufig zu beobachtende Abnahme des Spätholzprozentes an den Scheiben bei 0,2 bis 0,3 m Höhe mit der Verminderung der Belastung übereinstimmt. Die Spätholzflächen dagegen zeigen diese Übereinstimmung nicht. Es wird demnach durch die Belastung nur das Verhältnis zwischen Frühholz und Spätholz innerhalb der Grenzen verändert, welche durch das Dickenwachstum gegeben sind; die Verteilung des Dickenwachstums ist aber dadurch gegeben, dafs der Baum die Form eines Trägers gleichen Widerstandes beibehält.

Wird ein Baum eines geschlossenen Bestandes plötzlich freigestellt, so steigt der Zuwachs infolge der veränderten mechanischen Beanspruchung namentlich an der Stammbasis, da nach der Freistellung auch die unteren Teile der Krone dem Winde mehr ausgesetzt werden und sich hierdurch die dem Winde ausgesetzte Fläche verändert. Wie R. Hartig[1]) anführt, ist dieser Lichtstandszuwachs besonders auf Stockhöhe von besonderer Güte, also dürfte hier relativ mehr Spätholz produziert werden. Die Veränderung der mechanischen Beanspruchung wirkt hier gleichzeitig auf die Quantität und die Qualität des Zuwachses an der Stammbasis fördernd ein. Es ist demnach nicht notwendig anzunehmen, dafs die Zersetzungen im Boden nach der Freistellung und die damit verbundene Nährstoffzufuhr diese Förderung des Zuwachses herbeigeführt haben. Es ist nicht einzusehen, warum diese gesteigerte Nährstoffzufuhr sich nur an der Stammbasis geltend machen soll, während, wie wir aus anderen Beispielen wissen, das Wachstum in den oberen Stammteilen nach der Freistellung sogar zurückgehen kann. Ebensowenig ist die andere Hypothese Hartigs gerechtfertigt, dafs die Transspiration nach der Freistellung weniger schnell zunimmt als die Zuwachsgröfse und infolgedessen das Holz an der Stammbasis härter würde. Warum soll sich dieser Einflufs hauptsächlich nur an der Stammbasis zeigen?

Im Gegensatz zur Freistellung sehen wir bei der Unterdrückung von Bäumen das Dickenwachstum in den oberen Stammpartieen beträchtlich vermehrt. Die Oberfläche der Krone und die dem Winde ausgesetzte Fläche wird hier vermindert, die unteren Schaftteile besitzen für die Form

---

[1]) R. Hartig, Das Fichten- und Tannenholz des Bayerischen Waldes. Centralblatt f. d. ges. Forstwesen 1888, S. 364.

eines Trägers gleichen Widerstandes einen relativ zu grofsen Querschnitt, sie bleiben dementsprechend im Dickenwachstum zurück. Die Steigerung des Dickenwachstums in den oberen Teilen kann dann im Vergleich zu dem geringen Wachstum an der Basis so beträchtlich sein, dafs in den oberen Teilen sowohl die absolute als die relative Menge des Spätholzes (das Spätholzprozent) steigt. Wie wir später noch näher ausführen werden (vergl. Kap. 14), erleidet die Spätholzbildung eine Verminderung, wenn das Dickenwachstum unter ein gewisses Mafs herabgeht. Wird nun dieses Mafs in gewissen Stammhöhen überschritten, so mufs sich die Herabsetzung des Spätholzprozentes hier geltend machen und wir finden dann die sonst als normal anzusehende Abnahme des Spätholzprozentes von unten nach oben alteriert.

Eine analoge Erscheinung haben wir bei stärkerer Beschädigung der Nadeln durch Insektenfrafs, wo das Spätholzprozent in jenen Stammteilen, welche die stärkste Verminderung des Dickenwachstums aufweisen, am meisten zurückgeht.

Wegen des Zusammenwirkens der Biegung und der biegungsfreien Belastung können wir keine vollständige Übereinstimmung des Spätholzprozentes mit dem einen oder dem anderen dieser Faktoren erwarten. Um jedoch die Wirkung der einzelnen Faktoren genauer zu präzisieren und besser auseinander zu halten, reichen unsere Beobachtungen nicht aus, es wäre hierzu eine experimentelle Weiterführung dieser Arbeit notwendig. Es könnte dies geschehen, indem man erstens durch Befestigung der Stämme jede Biegung verhindert und nur das Gewicht der auf einem Querschnitt ruhenden Holzmasse wirken läfst, zweitens durch Aufhängen in Töpfen wachsender Pflanzen die Wirkung des Eigengewichts verändert. Man würde dann auch erkennen, welchen Einflufs das verschiedene Alter der Jahresringe in den einzelnen Scheiben und die mit dem Alter verschiedene Wachstumsenergie auf die Ausbildung des Jahresringes ausübt. An jüngeren Pflanzen werden sich derartige Differenzen nicht geltend machen, während bei alten Pflanzen die neuangelegten Ringe in den unteren und oberen Scheiben so grofse Altersdifferenzen zeigen, dafs hierdurch auch Unterschiede in der Ausbildung des Jahresringes bedingt sein können. Durch die verschiedene Stärke des Druckreizes können die durch das Alter gegebene Unterschiede der Wachstumsenergie ausgeglichen werden, welche hervortreten müssen, sobald der Druckreiz wegfällt.

Dreizehntes Kapitel.

Die Differenzen der Spätholzprozente in den einzelnen Jahren.

Wenn auch der Druck für die Ausbildung des Spätholzes von hervorragender Bedeutung ist, so kommen hierbei, ebenso wie bei der Bildung anderer mechanischcr Zellen, noch weitere Faktoren in Betracht, welche in die Ernährungs- und Wachstumsverhältnise eingreifend zugleich die Menge des Spätholzes und speziell das Verhältnis zwischen Frühholz und Spätholz verändern. Bei gleichbleibendem, oder doch wenigstens annähernd gleichem Druck können demnach verschiedene Mengen von Spätholz gebildet werden.

Einen näheren Einblick in diese Verhältnisse gewinnen wir bei dem Vergleich der Spätholzmengen und Spätholzprozente auf einander folgender Jahre, deren Zuwachs, wie im 4. Kapitel gezeigt wurde, je nach den äufseren meteorologischen Faktoren sehr verschieden grofs sein kann.

Bevor wir auf dieses Thema näher eingehen, ist es notwendig die Frage zu erörtern, ob in den verschiedenen Altersstadien eine Steigerung oder Verminderung der Zuwachsgröfse denselben Erfolg bezüglich der Spätholzbildung erwarten läfst. Zu diesem Zwecke habe ich in den Tabellen 134—136 Zeiträume von je 15 Jahren zusammengestellt. Die Jahresringe wurden ohne Rücksicht auf die zeitliche Reihenfolge nach ihrer Breite angeordnet und das Mittel aus den fünf breitesten, fünf mittelbreiten und fünf schmälsten in die Tabellen aufgenommen. Das Spätholzprozent wurde aus den Summen der Ringbreite und Spätholzbreite der betreffenden fünf Jahre berechnet, es war dies genauer als der Durchschnittswert der Prozentzahlen der einzelnen Jahre, indem man im letzteren Falle namentlich durch die ungenaueren Werte sehr schmaler Ringe ein falsches Bild erhalten konnte.

Aus den Tabellen 134—136 geht zunächst hervor, dafs überall mit der Zunahme der Ringbreite auch eine Zunahme der absoluten Spätholzbreite verbunden ist. Eine Ausnahme davon machen zum Teil jene Scheiben und Scheibenabschnitte, welche die ersten Jahresringe enthalten: für 1880 bis 1894 die Kiefern Nr. 13 Scheibe VII, Nr. 20 Scheibe IV, Nr. 34 Scheibe IV und V, für 1805—19 Kiefer Nr. 27 Scheibe II, Nr 30 Scheibe I und II. Diese Ausnahme hat ihren Grund in der sehr geringen Spätholzbildung der ersten an das Mark grenzenden Jahresringe, welche schon im Laufe von 15 Jahren unter teilweiser Verminderung der Ringbreite eine beträcht-

liche Steigerung erfährt, wie sich denn auch die Druckverhältnisse in solch jugendlichen Scheiben innerhalb eines 15jährigen Zeitraumes wesentlich stärker verändern als an älteren Scheiben.

Als Regel können wir demnach aufstellen, daſs bei annähernd gleichen Druckverhältnissen und nicht zu groſsen Differenzen der Ringbreite die absolute Menge des Spätholzes mit der Breite der Jahresringe zunimmt.

Aus dem Vergleich der Spätholzprozente der verschieden breiten Jahresringe ersehen wir, ob die Zunahme der Spätholzmenge proportional der Zunahme der Ringbreite erfolgt. Hierbei können wir zunächst zwei extreme Fälle ins Auge fassen. Bei sehr breiten Jahresringen also groſser Wachstumsenergie enthalten in der Regel die schmäleren Ringe das gröſsere Spätholzprozent, das Holz ist demnach um so härter, je schmäler die Jahresringe sind. Solch breite Ringe finden wir an Kiefern, die auf gutem Boden wachsen und mit einer umfangreichen Krone versehen sind, oder an den jugendlichen Scheiben der höheren Stammteile. Als Beispiel dient uns Kiefer 29 (Tab. 134), welche bei vollständigem Freistand und einer reich entwickelten Krone auf sehr feuchtem Boden erwachsen ist. Analog verhält sich die 65jährige herrschende Kiefer 20 (Tab. 134) auf mäſsig feuchtem Boden.

Die Kiefern 6, 7, 8, 9 sind auf sehr trockenem Boden, die Kiefern 33, 34, 36, 37 auf sehr feuchtem Boden erwachsen und in Tabelle 136 nach der Gröſse ihres Zuwachses angeordnet, dem ungefähr die Ausbildung ihrer Krone entspricht. An den oberen d. h. jüngeren Scheiben zeigen die schmäleren Jahresringe durchwegs das höhere Spätholzprozent, was man auch an den jüngsten Scheibenteilen der auf Tabelle 135 angeführten Stämmen beobachten kann.

Im Gegensatz zu den Stammteilen mit erheblichem Wachstum finden wir bei sehr geringer Wachstumsenergie das höchste Spätholzprozent an den breitesten Jahresringen. Sinkt demnach das Wachstum beträchtlich, so ist das Holz um so härter, je breiter die Jahresringe sind. Derartige Differenzen des Spätholzprozentes finden wir entweder an älteren, wenn auch gut beasteten Stämmen, deren Wachstum in starker Abnahme begriffen ist, oder an jüngeren Stämmen, deren Krone durch Unterdrückung gelitten hat.

Als Beispiel des ersteren Typus sei die ca. 96 Jahre alte Kiefer 13 angeführt (Tab. 134). Mit Ausnahme der jüngsten Scheibe VII finden wir durchwegs sehr beträchtliche Unterschiede in der Höhe des Spätholzprozentes zu gunsten der breiteren Ringe.

Bei der gleichaltrigen Kiefer 32 (Tab. 134), deren Zuwachs noch nicht so stark vermindert ist, finden wir ein höheres Spätholzprozent der breiteren Ringe nur an jenen Scheiben, bei welchen die Ringbreite geringer ist (Scheibe III—VIII) und auch hier sind die Unterschiede in der Höhe des Spätholzprozentes im Vergleich zu Kiefer 13 wesentlich geringer. Die Scheiben I und II, sowie IX—XI zeigen die eben erwähnten Differenzen nicht, da ihr Wachstum noch gröſser ist.

Tab. 134.

	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %
Scheibe	I 1880—1894			II 1880—94			III 1880—94			IV 1880—94			V 1880—94			VI 1880—94			VII 1880—94		
Kiefer 29	5,69	1,54	27	4,53	1,28	28	4,88	1,19	24	4,79	0,71	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4,58	1,23	27	3,79	1,09	29	3,90	1,11	28	4,20	0,73	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3,77	1,16	**31**	3,11	0,94	**30**	3,12	0,92	**30**	3,33	0,59	**18**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kiefer 18	—	—	—	1,09	0,35	**32**	0,79	0,18	**23**	0,84	0,14	**17**	1,03	0,19	**18**	1,32	0,25	**19**	1,60	0,26	**16**
	—	—	—	0,63	0,16	25	0,47	0,07	14	0,51	0,07	14	0,68	0,09	13	0,83	0,12	14	1,10	0,14	13
	—	—	—	0,39	0,06	16	0,37	0,05	12	0,35	0,04	11	0,43	0,04	9	0,58	0,06	10	0,92	0,15	**16**
Kiefer 32	1,47	0,70	48	1,21	0,55	46	1,06	0,45	**43**	1,07	0,39	**37**	1,06	0,35	**33**	1,07	0,30	**28**	1,24	0,38	**31**
	1,16	0,55	47	0,93	0,46	**49**	0,82	0,33	40	0,83	0,27	33	0,82	0,26	32	0,84	0,19	23	0,95	0,25	26
	0,86	0,42	**49**	0,71	0,32	45	0,62	0,24	39	0,68	0,22	32	0,68	0,21	31	0,69	0,17	25	0,72	0,15	21
Scheibe	VIII 1880—94			IX 1880—94			X 1880—94			XI 1880—94											
Kiefer 32	1,28	0,37	**29**	1,66	0,39	24	1,76	0,35	20	1,78	0,46	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1,01	0,23	23	1,22	0,28	23	1,39	0,32	**23**	1,35	0,39	**29**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,76	0,18	24	0,92	0,23	**25**	1,08	0,25	**23**	1,01	0,28	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Scheibe	I 1880—94			I 1865—79			I 1850—64			I 1840—49			II 1880—94			III 1880—94			IV 1880—94		
Kiefer 20	3,15	0,94	30	3,08	0,77	25	3,47	0,91	26	5,66	0,67	12	2,46	0,89	36	2,58	0,52	20	3,30	0,47	14
	2,28	0,75	33	2,66	0,89	**34**	2,78	0,79	28	—	—	—	1,72	0,75	44	1,94	0,51	26	2,62	0,50	19
	1,80	0,65	**36**	2,11	0,64	31	2,22	0,68	**31**	4,41	0,62	**14**	1,24	0,57	**46**	1,47	0,40	**27**	2,05	0,41	**20**
Kiefer 23	1,22	0,61	51	0,99	0,46	46	1,94	0,52	27	3,22	0,54	17	1,10	0,53	48	1,20	0,48	40	1,91	0,47	25
	0,75	0,40	**53**	0,84	0,40	47	1,04	0,46	**44**	—	—	—	0,64	0,33	**51**	0,68	0,28	**42**	1,30	0,32	25
	0,36	0,18	49	0,62	0,33	**53**	0,56	0,24	43	2,32	0,49	**21**	0,32	0,14	43	0,35	0,13	38	0,75	0,25	**33**

Tab. 135.

	1880—94			1885—79			1850—64			1835—49			1820—34			1805—19			1795—1804		
	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholz-breite mm	Spätholz %
Kiefer 27 Scheibe I	3,24	1,17	**36**	2,99	1,16	**39**	2,25	0,85	**38**	2,45	0,93	**38**	2,65	1,00	**38**	2,50	0,85	34	3,09	0,72	23
	2,44	0,86	35	2,55	0,99	**39**	1,92	0,73	**38**	2,11	0,81	**38**	1,98	0,72	36	1,98	0,71	**36**	—	—	—
	2,01	0,72	**36**	1,83	0,64	35	1,69	0,62	37	1,60	0,49	31	1,64	0,58	35	1,50	0,46	31	1,93	0,56	**29**
Kiefer 27 Scheibe II	2,64	1,01	38	2,61	1,00	**38**	2,07	0,81	**39**	2,41	0,82	34	2,75	0,84	31	2,71	0,49	18	—	—	—
	2,00	0,78	**39**	2,28	0,87	**38**	1,76	0,63	36	2,02	0,78	**39**	2,18	0,67	30	2,20	0,52	**24**	—	—	—
	1,56	0,54	35	1,58	0,47	30	1,60	0,53	33	1,51	0,48	32	1,93	0,59	**32**	1,92	0,41	21	—	—	—
Kiefer 27 Scheibe III	2,47	0,69	28	2,70	0,82	**30**	2,49	0,79	**32**	2,45	0,67	27	3,48	0,67	19	—	—	—	—	—	—
	1,83	0,53	**29**	2,37	0,61	26	2,10	0,68	**32**	2,13	0,59	**28**	3,24	0,59	18	—	—	—	—	—	—
	1,37	0,35	26	1,99	0,50	25	1,88	0,50	27	1,71	0,48	**28**	2,73	0,65	**24**	—	—	—	—	—	—
Kiefer 30 Scheibe I	1,75	0,54	**31**	1,85	0,65	**35**	2,26	0,80	35	2,48	0,89	**36**	3,81	1,15	30	5,42	0,93	17	—	—	—
	1,26	0,34	27	1,51	0,47	31	1,86	0,65	35	2,10	0,74	35	3,24	1,03	32	4,64	1,07	23	—	—	—
	0,97	0,28	29	1,27	0,36	28	1,49	0,53	**36**	1,82	0,59	32	2,48	0,85	**34**	3,88	1,13	**29**	—	—	—
Kiefer 30 Scheibe II	1,58	0,61	**39**	1,57	0,60	**38**	2,07	0,68	33	1,76	0,61	35	3,35	1,12	34	5,87	0,94	16	—	—	—
	1,06	0,33	31	1,29	0,44	34	1,60	0,58	**36**	1,57	0,57	**36**	2,77	0,95	34	4,96	1,27	26	—	—	—
	0,80	0,24	30	1,07	0,35	33	1,26	0,38	30	1,26	0,42	33	2,13	0,77	**36**	3,80	1,45	**38**	—	—	—
Kiefer 30 Scheibe IV	1,39	0,31	**22**	1,41	0,31	**22**	2,16	0,46	21	3,84	0,83	21	4,75	0,67	**14**	—	—	—	—	—	—
	1,09	0,20	18	1,23	0,23	19	1,62	0,36	**22**	3,08	0,61	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,84	0,15	18	0,94	0,15	16	1,19	0,26	**22**	2,21	0,56	**25**	3,57	0,43	12	—	—	—	—	—	—
Kiefer 31 Scheibe I	0,29	0,09	**32**	0,43	0,16	**37**	1,35	0,60	**44**	1,62	0,64	**40**	2,43	0,92	**38**	6,11	0,66	11	—	—	—
	0,23	0,07	30	0,33	0,10	32	0,68	0,27	40	1,24	0,43	35	2,05	0,70	34	3,71	0,61	16	—	—	—
	0,10	0,03	**32**	0,24	0,09	36	0,43	0,17	39	1,04	0,34	33	1,37	0,40	29	1,59	0,54	**34**	—	—	—

Tab. 136.

	Ringbreite mm	Spätholzbreite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholzbreite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholzbreite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholzbreite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholzbreite mm	Spätholz %	Ringbreite mm	Spätholzbreite mm	Spätholz %
Scheibe . .	I 1880—94			II 1880—94			III 1880—94			IV 1880—94			V 1880—94			VI 1880—94		
Kiefer 6	2,37	0,95	40	1,79	0,57	32	1,72	0,50	29	2,09	0,46	22	2,34	0,34	15	2,83	0,33	12
	1,43	0,58	**41**	1,30	0,45	**35**	1,27	0,39	**31**	1,38	0,30	22	1,64	0,32	20	2,17	0,40	**18**
	0,97	0,36	37	0,82	0,23	28	0,81	0,23	28	0,91	0,21	**23**	1,21	0,29	**24**	1,74	0,29	17
7	1,93	0,72	37	1,82	0,71	**39**	1,67	0,56	**34**	1,71	0,49	29	1,88	0,43	23	2,50	0,49	20
	1,15	0,43	37	1,10	0,41	37	1,09	0,33	30	1,13	0,35	**31**	1,33	0,30	23	1,84	0,33	18
	0,67	0.26	**39**	0,56	0,19	35	0,45	0,11	25	0,52	0,14	28	0,57	0,14	**24**	1,07	0,24	**22**
8	1,74	0,67	**38**	1,60	0,65	41	1,69	0,52	31	1,62	0,46	28	1,98	0,39	20	—	—	—
	1,26	0,48	**38**	1,09	0,46	**42**	1,08	0,41	**38**	1,12	0,39	**35**	1,34	0,41	31	—	—	—
	0,94	0,34	36	0,69	0,28	41	0,60	0,21	34	0,57	0,19	33	0,80	0,26	**33**	—	—	—
9	1,03	0,43	42	1,10	0,50	46	0,96	0,41	**43**	0,91	0,33	**36**	1,14	0,27	23	—	—	—
	0,74	0,36	**49**	0,71	0,36	**51**	0,66	0,27	40	0,67	0,23	35	0,81	0,22	**27**	—	—	—
	0,59	0,27	47	0,50	0,18	36	0,57	0,23	41	0,52	0,17	32	0,56	0,15	**27**	—	—	—
33	2,99	1,21	40	2,58	1,12	43	2,71	1,08	40	4,14	1,15	28	6,33	0,92	15	—	—	—
	2,55	1,11	**44**	2,22	0,95	43	2,39	1,01	**42**	2,99	1,06	35	4,98	0,90	18	—	—	—
	1,98	0,83	42	1,89	0,83	**44**	2,26	0,90	40	2,29	0,90	**39**	3,22	0,67	**21**	—	—	—
34	3,30	1,39	**42**	2,85	1,21	42	2,79	1,01	36	3,31	0,68	21	4,58	0,52	11	5,12	0,58	11
	2,55	1,02	40	2,28	1,07	**47**	2,46	0,92	37	2,96	0,85	**29**	3,80	0,80	**21**	—	—	—
	1,85	0,78	**42**	1,80	0,79	44	2,01	0,85	**42**	2,45	0,72	**29**	2,88	0,60	**21**	3,48	0,71	**20**
36	0,90	0,43	48	0,84	0,37	44	1,17	0,46	39	1,75	0,51	29	2,81	0,61	22	—	—	—
	0,63	0,32	**51**	0,59	0,31	**53**	0,64	0,29	45	0,77	0,33	43	—	—	—	—	—	—
	0,35	0,18	**51**	0,42	0,22	52	0,42	0,20	**48**	0,47	0,22	**47**	1,09	0,39	**36**	—	—	—
37	0,82	0,35	**43**	0,76	0,31	**41**	1,79	0,48	27	1,58	0,42	27	—	—	—	—	—	—
	0,42	0,16	38	0,35	0,13	37	0,69	0,23	**33**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,15	0,04	27	0,11	0,02	18	0,18	0,04	22	0,51	0,14	27	—	—	—	—	—	—

Bei der ca. 98 Jahre alten Kiefer 31 (Tab. 135) tritt die Erhöhung des Spätholzprozentes der breiteren Ringe in den Perioden 1880—1894 und 1865—1879 weniger scharf hervor, weil bei einer so starken Abnahme des Wachstums die Menge des Spätholzes allgemein herabgeht und die Bestimmung desselben bei teilweise aussetzenden Ringen ungenau wird. In den Perioden 1850—1864, 1835—1849 und 1820—1834, welche etwas gröſseren Zuwachs aufweisen, ist jedoch die Zunahme des Spätholzprozentes mit der Ringbreite deutlich wahrzunehmen. In der Jugendperiode 1805 bis 1819 dagegen überwiegt das Spätholzprozent, wie oben erwähnt, an den schmälsten Ringen.

Als Beispiel eines jüngeren, ca. 37 jährigen, aber unterdrückten Stammes dient uns Kiefer 37 (Tab. 136), deren Scheiben I und II das härteste Holz in den breitesten Ringen aufweisen. Es schlieſsen sich hier die Scheiben III und IV der ca. 51 jährigen Kiefer 9 an (Tab. 136).

Bei dem normalen Verlauf des Wachstums ist die Wachstumsenergie anfangs eine groſse, bis dieselbe im höheren Alter eine beträchtliche Abnahme erfährt (vergl. Kap. 2). Wenn bei steigender Wachstumsenergie die schmälsten, bei fallender Wachstumsenergie die breitesten Ringe das höchste Spätholzprozent aufweisen, so müssen notwendigerweise bei dem Übergang von einem Stadium zum anderen Perioden vorhanden sein, wo das Spätholzprozent trotz verschiedener Ringbreite annähernd gleich bleibt oder das Maximum des Spätholzprozentes bei einer mittleren Ringbreite liegt. Eine vollständige Regelmäſsigkeit ist bei den mannigfaltigen, auf die Spätholzbildungen einwirkenden Faktoren nicht zu erwarten, zumal da einzelne Abweichungen durch Zufälligkeiten wie Insektenfraſs, herbeigeführt werden können; so z. B. bei Kiefer 27 (Tab. 135), wo in den Scheiben I und II durch die Fraſsjahre 1877 und 1840 das Spätholzprozent in der Gruppe der schmälsten Ringe herabgedrückt wurde.

Beispiele für die wechselnden Beziehungen zwischen Ringbreite und Spätholzprozent bieten uns die in Tab. 135 angeführten Kiefern 27, 30 und 31. Bei Kiefer 27 ist das Wachstum in den letzten Perioden noch ein sehr ausgiebiges (vergl. auch Taf. II), eine Vermehrung des Spätholzprozentes an den breitesten Ringen ist daher selbst in der letzten Periode 1880—94 noch nicht wahrzunehmen, wir finden dies jedoch bei Kiefer 30 sowohl in der Periode 1865—79, als in der Periode 1880—94 deutlich ausgesprochen. Bei Kiefer 31, deren Wachstum mit Ausnahme der Periode von 1805—19 ein relativ geringes war, ist der Übergang des Spätholzmaximums von den schmälsten auf die breitesten Ringe ein unvermittelter, während uns namentlich Scheibe II der Kiefer 30 ein treffliches Bild eines allmählichen Übergangs bietet.

Aus dem Gesagten folgt, daſs eine Verbreiterung oder ein Schmälerwerden der Jahresringe bei verschiedenem Alter und verschiedener Ausgiebigkeit des Wachstums nicht durchwegs den gleichen Einfluſs auf die Höhe des Spätholzprozentes haben wird, eine Erscheinung, welche sich mir schon bei den Messungen selbst aufdrängte. Bei sehr schmalen Ringen

bewirkt eine Steigerung des Zuwachses nicht nur eine Erhöhung des Spätholzprozentes, sondern auch die Wandverdickung der Spätholzzellen ist eine grössere. Bei breiten Ringen dagegen hat gerade die Verminderung des Zuwachses eine Steigerung des Spätholzprozentes zur Folge.

Zu denselben Resultaten, wie hier bezüglich der Ringbreite, kommen wir, wenn an Stelle der Ringbreiten der Flächenzuwachs der einzelnen Jahre gesetzt wird, der innerhalb der 15jährigen Perioden analoge Differenzen wie die Ringbreite aufweist. Wir sehen daher, dass in dem einen Falle bei Steigerung im anderen Falle bei Verminderung des Flächenzuwachses das Spätholzprozent höher ist.

Bei der Gruppierung der Ringe in den Tabellen 134—136 war nur ihre Breite massgebend, auf eine Zusammensetzung der Gruppen aus bestimmten Jahren konnte jedoch nicht Rücksicht genommen werden. Die besonderen Eigentümlichkeiten bestimmter Jahre kommen hierbei nicht zur Geltung. Wollen wir daher die Beziehungen zwischen der Einwirkung klimatischer Faktoren und der Spätholzbildung untersuchen, so sind wir auf die Betrachtung der einzelnen Jahre angewiesen. Es ist dabei nicht angezeigt, nur die Veränderung in einzelnen Scheiben zu betrachten, einerseits weil sich hierbei Beobachtungsfehler, die bei der nicht immer scharfen Abgrenzung der Spätholzzone nicht zu vermeiden sind, störend geltend machen, andererseits weil bei der Verschiebung des Wachstums infolge veränderter mechanischer Beanspruchung die unteren und oberen Scheiben eines Stammes auch verschiedene Veränderungen des Spätholzprozentes aufweisen können.

Tab. 137. Spätholzprozente der Kiefer 1.

Scheibe	Höhe m	1874	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
I	0,2	20	18	7	45	34	22	30	35	29	41	18	29	24	24	24	33	30	27	24	33	29
II	1,3	21	18	6	45	36	31	29	34	29	44	18	29	25	26	25	31	35	28	25	25	34
III	3,4	19	16	6	27	29	25	25	27	29	35	18	26	20	20	23	34	36	31	24	17	32
IV	5,5	16	16	6	26	31	21	24	22	17	35	21	24	16	19	20	23	28	30	22	13	25
V	7,6	14	21	6	37	25	15	20	22	18	39	12	20	18	14	19	27	25	25	16	13	15
VI	9,7	11	13	4	40	16	13	23	16	15	13	4	21	15	11	18	29	19	16	16	16	12
VII	11,8	—	—	—	—	—	7	12	8	12	15	6	19	13	8	17	31	16	18	14	15	14
VIII	12,9									—	—	—	—	—	—	7	21	12	12	14	18	13
I—IV Mittel		17	17	6	37	29	21	25	26	23	35	15	25	20	19	25	30	29	26	21	20	25

Wie aus Tabelle 137 zu ersehen ist, zeigen sich stärkere Veränderungen zumeist an allen Scheiben in gleicher Weise, so die Vermehrung des Spätholzprozentes in den Jahren 1883 und 1889, die Verminderung im Jahre 1884. Die Veränderungen der Spätholzprozente in den Frassjahren sollen später besprochen werden. Tabelle 137 zeigt uns ferner, dass bei der Bildung des Mittels zu junge Scheiben auszuschliessen sind, weil durch

die starke Steigerung des Spätholzprozentes die Mittelwerte alteriert werden und außerdem die Messungen der ersten auf das Mark folgenden Ringe (hier durch Striche angedeutet) nicht genau genug sind. Sobald es sich nicht um durchwegs ältere Scheiben handelt, wird auch trotz des Ausschlusses der jüngsten Scheiben das Mittel der Spätholzprozente in den ersten Jahren etwas niedriger sein als in den letzten Jahren.

Die Mittelwerte der Spätholzprozente habe ich bereits in den Tabellen 39—41 angegeben, welche zugleich die Mittel des Flächenzuwachses der einzelnen Jahre enthalten (vergl. S. 98—103). In der Hauptsache gehören die zur Mittelbildung benutzten Scheiben dem astfreien Stamme an, doch liegen einzelne derselben noch im unteren Teil der Krone. Die Spätholzprozente sind in den Tabellen 39—41 durch schrägen Druck hervorgehoben.

Die Bestimmungen der Spätholzprozente an den einzelnen Scheiben, sowie die Mittelwerte aus mehreren Scheiben ergaben übereinstimmend, daſs die Höhe des Spätholzprozentes in den aufeinander folgenden Jahren nicht unwesentlichen Schwankungen unterliegt. Einzelne Ringe fallen auch schon bei oberflächlicher Betrachtung durch ihre besonders breite oder ausnahmsweise schmale Spätholzzone auf. Auch bei den mikroskopischen Messungen können uns solche charakteristischen Ringe als Kontrolle dienen, die besonders dann wertvoll ist, wenn es sich um das Fehlen einzelner Ringe handelt.

Im 3. Kapitel habe ich auf die Veränderungen in der Spätholzbildung als Folge der Fraſsbeschädigung durch Raupen hingewiesen. Eine stärkere Entnadelung durch die Nonnenraupen bewirkt eine schwache Ausbildung des Spätholzes im Fraſsjahre selbst (vergl. S. 59), während entweder in dem ersten darauf folgenden Jahre oder bei stärkerer Beschädigung im zweiten oder dritten Folgejahre das Spätholzprozent eine beträchtliche Steigerung erfährt. Bei schwächerer Entnadelung (vergl. S. 90) wie durch den Spinner und Spannerfraſs geht das Spätholzprozent nicht wesentlich zurück.

Wegen der beträchtlichen Veränderungen des Spätholzprozentes durch den Nonnenfraſs in den Jahren 1876 und 1877 müssen wir diese und die unmittelbar darauf folgenden Jahre bei unseren Betrachtungen über die Einwirkung klimatischer Faktoren auf die Spätholzbildung ausschlieſsen.

Die Temperaturverhältnisse und Regenmengen bewirken nur in einzelnen Jahren auffallende Veränderungen in der Höhe des Spätholzprozentes. Durch hohes Spätholzprozent zeichnen sich die Jahre 1883 und 1889 aus, während das Jahr 1884 und zum Teil auch 1893 ein auffallend geringes Spätholzprozent aufweisen. Die übrigen Jahre können zwar als Kontrolle für unsere im folgenden zu erläuternden Anschauungen dienen, sie bieten aber kein so einheitliches und charakteristisches Verhalten (Tab. 39—41).

Wie wir gesehen haben, wird das Dickenwachstum begünstigt, sobald die Temperatur in den Monaten Januar bis März relativ hoch ist und hierdurch die Prozesse, welche dem Wachstum vorausgehen, eine Beschleunigung erfahren. Sei es nun, daſs hierbei die Zellteilung etwas früher

beginnt oder die Zellteilungsprozesse sich zu Anfang der jährlichen Zuwachsperiode rascher abspielen, in jedem Falle wird die Quantität des Frühholzes eine Vermehrung erfahren. Bei spätem Beginn des Wachstums wird dementsprechend die Menge des Frühholzes vermindert werden. Hohe Spätholzprozente sind demnach nur im letzteren Falle zu erwarten. Die Jahre 1883 und 1889 zeigen in der That bei einem sehr späten Eintritt höherer Temperaturen (vergl. Tab. 45) ein auffallend hohes Spätholzprozent. Wir finden dies sowohl an Stämmen auf trockenem als auf sehr feuchtem Boden. Im Gegensatz dazu steht das Jahr 1884 mit einer relativ hohen Temperatur in den Monaten Januar bis März (Tab. 45) und einer Begünstigung der Frühholzbildung, wodurch das Spätholzprozent sehr beträchtlich herabgedrückt wird.

Da nun nicht alle Jahre mit spät einsetzender Wachstumsperiode hohe Spätholzprozente aufweisen, mufs, abgesehen von den mechanischen (Druck-) Wirkungen noch ein zweiter Faktor für das Verhältnis von Früh- und Spätholz von Wichtigkeit sein. Dieser zweite Faktor macht sich zur Zeit der Spätholzbildung geltend. Die Spätholzbildung beginnt, wie ich mich an einigen Stämmen überzeugte, ungefähr Ende Juli, zum Teil erst Anfang August. Die Menge des Spätholzes wird demnach speziell von der Witterung des August abhängen. Die mittlere Temperatur des August weicht von der des Juli nicht wesentlich ab, zum Teil ist sie höher, zum Teil niedriger als die Julitemperatur (vergl. Tab. 43). Eine Beeinträchtigung des Wachstums durch die Temperaturverhältnisse im August ist demnach ausgeschlossen, wohl aber ist eine solche durch den Mangel an Feuchtigkeit bei geringer Regenmenge im August möglich.

Um die Übersicht zu erleichtern, seien je 7 Jahre mit viel und wenig Regen in den Monaten Juli und August nochmals angeführt.

Tab. 138. Niederschlagssumme, mm.

Juli				August			
trocken		feucht		trocken		feucht	
1885	34,8	1883	136,8	1888	14,5	1894	124,3
1893	41,9	1882	118,7	1876	17,2	1877	107,0
1881	43,3	1890	116,5	1887	19,5	1896	94,2
1892	49,6	1884	106,8	1884	21,9	1885	93,8
1876	49,8	1897	105,8	1886	25,7	1883	82,2
1894	52,5	1879	94,8	1893	34,3	1889	82,1
1886	56,5	1888	88,8	1897	37,9	1878	73,4

Unter den Jahren, welche sich durch einen trockenen Juli auszeichnen, weisen 1893 und zumeist auch 1886 ein niedriges, 1885 ein hohes Spätholzprozent auf und ebenso finden wir die Jahre 1883 und 1884 mit so verschieden hohem Spätholzprozent beide unter den Jahren mit groſser Regen-

menge im Juli. Eine direkte Beziehung zwischen der Niederschlagsmenge im Juli und der Spätholzbildung besteht demnach nicht.

Zu einem anderen Resultate gelangen wir bei der Betrachtung des August. Die Jahre mit im Vergleich zu den benachbarten Jahren relativ geringem Spätholzprozent fallen durchwegs mit einem trockenen August zusammen, während die Jahre mit höherem Spätholzprozent sich durch grofse Regenmengen in diesem Monate auszeichnen. Ich mufs daher annehmen, dafs bei erhöhter Trockenheit im August, die Zellteilungen in der Spätholzregion entweder verlangsamt werden und weniger ausgiebig sind oder die Zellteilungsthätigkeit etwas früher zum Abschlufs gelangt. Die Spätholzzone wird in beiden Fällen weniger breit ausfallen und hierdurch das Spätholzprozent eine Verminderung erfahren. Bei feuchtem August wird die Zellteilungsfähigkeit vermehrt, das Spätholzprozent erhöht. Da die Ausgiebigkeit der Zellteilungen im August nicht der einzige die Höhe des Spätholzprozentes bestimmende Faktor ist, kann natürlich nicht eine vollständige Übereinstimmung zwischen der Regenmenge im August und dem Spätholzprozent erwartet werden. Indirekt kann die Regenmenge des Juli insofern in Betracht kommen, als bei dauernd geringer Feuchtigkeit in den Monaten, welche dem August vorausgehen, der Boden an sich schon trockener ist und eine höhere Augustfeuchtigkeit notwendig wäre, um lebhaftere Zellteilungen in der Spätholzzone anzuregen. Ganz besonders aber mufs das Verhältnis zwischen Frühholz und Spätholz durch die günstigeren oder ungünstigeren Verhältnisse zu Beginn der Wachstumsperiode, resp. durch die Temperaturverhältnisse vor derselben beeinflufst werden. Die auffallende Höhe des Spätholzprozentes in den Jahren 1883 und 1889 wird daher nur erreicht durch das Zusammentreffen der gröfseren Regenmenge des August mit ungünstigen äufseren Verhältnissen in den ersten Monaten des Jahres. Wo letztere günstiger sind, kommt diese Steigerung weniger zum Ausdruck, wie z. B. im Jahre 1885. Die Jahre 1877 und 1878 können zum Vergleich nur so weit herangezogen werden, als kein Nonnenfrafs stattgefunden hat. Wo dies der Fall ist, wie bei den Kiefern 28 bis 30, 33, 35—37 ist auch in diesen Jahren entsprechend der gröfseren Augustfeuchtigkeit eine Steigerung des Spätholzprozentes zu bemerken.

Von den Jahren mit geringer Regenmenge im August zeigt 1884 fast durchgehends ein auffallend niedriges Spätholzprozent, weil hier die Bildung des Frühholzes durch die hohe Temperatur der Monate Januar bis März begünstigt ist. Bei den übrigen Jahren 1886—1888, 1893 ist zwar in der Mehrzahl der Fälle das Spätholzprozent auch gering, zum Teil sogar niedriger als 1884, aber es herrscht keine so grofse Regelmäfsigkeit. Bei den Jahren 1886, 1887, 1888 wirkt der späte Eintritt höherer Temperaturen im Frühjahr (Tab. 45) einer stärkeren Vermehrung des Frühholzes entgegen, bei 1893 dürfte die geringe Regenmenge während der ganzen Wachstumszeit hemmend auf die Frühholzbildung eingreifen und die Wirkung der höheren Märztemperatur je nach den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens mehr oder weniger ausgleichen. Bei den auf sehr feuchtem Boden ge-

wachsenen Kiefernstämmen 33, 34, 36 findet demnach eine Verminderung des Spätholzprozentes im Jahre 1893 überhaupt nicht statt. Aufserdem macht sich bei den Kiefern 10 und 11 im Jahre 1893 noch die Nachwirkung des Nonnenfrafses von 1892 geltend, wodurch das Spätholzprozent heraufgesetzt wird.

Ob durch den Spanner- und Spinnerfrafs 1887 und 1888 kleine Abweichungen herbeigeführt werden und das nach dem späteren Frühjahr zu erwartende höhere Spätholzprozent in einzelnen Fällen herabgedrückt wird, läfst sich nicht mit Bestimmtheit behaupten, grofs ist der Einflufs dieses Frafses, wie schon früher gezeigt wurde, jedenfalls nicht gewesen.

Das Jahr 1882 mit seinem zumeist grofsen Zuwachs zeigt ebenfalls häufig eine Verminderung des Spätholzprozentes, die jedoch nicht so deutlich hervortritt wie bei dem Jahre 1884, weil einerseits der Januar 1882 kälter ist, andererseits der August eine gröfsere Regenmenge aufweist als 1884.

Ein von den übrigen Kiefern abweichendes Verhalten finden wir bei Stämmen mit sehr schmalen Ringen, sei es nun, dafs es sich um jüngere unterdrückte Kiefern oder um ältere Kiefern mit abnehmendem Dickenwachstum handelt. Die Jahre mit geringem Wachstum wie 1883 und 1889 lassen dann eine Steigerung des Spätholzprozentes nicht mehr erkennen, Als Beispiel hierfür dient die unterdrückte Kiefer 15, an welcher das Mittel aus den Scheiben I—IX 1883 keine Erhöhung, 1889 sogar eine Herabsetzung des Spätholzprozentes ergiebt (Tab. 139), während die herrschende Kiefer 14 desselben Bestandes (Tab. 40) ein normales Verhalten zeigt. Wie aus Tab. 139 zu ersehen ist, würde Kiefer 15 im Jahre 1889 eine Erhöhung des Spätholzprozentes aufweisen, wäre die Scheibe X bei der Mittelbildung berücksichtigt worden. Das Herabgehen des Spätholzprozentes trifft die Scheiben mit sehr geringem Wachstum, von denen bei Scheibe III das Wachstum sogar partiell aussetzt. An den Scheiben mit stärkerem Wachstum I, IX, X hat 1889 ein höheres Spätholzprozent als 1888,

Analog verhalten sich die übrigen in Tab. 139 angeführten Stämme, indem auch hier die mittleren Scheiben nicht die gleiche Zunahme wie die untersten und obersten Scheiben aufweisen. Wir sehen daraus, dafs die Auswahl der Scheiben unter Umständen auf die Schwankungen der Mittelwerte für das Spätholzprozent einen nicht unwesentlichen Einflufs ausüben kann. So erscheinen auch bei der 27,4 m hohen Kiefer 19 die Schwankungen des Spätholzprozentes in höherem Grade unregelmäfsig, weil hier nur 4 Scheiben in der Höhe von 1,3, 9,0, 18,5 und 23,1 m untersucht wurden.

Zu berücksichtigen ist ferner, dafs auch die mechanische Beanspruchung der einzelnen Stammteile eine Veränderung erfahren kann, sei es nur indem die Krone durch Astbruch oder Entnadelung eine Veränderung erfährt oder durch Entfernung benachbarter Stämme der Angriff des Windes ein stärkerer wird. Ebenso erleidet, wie wir früher gesehen haben, an den einzelnen Scheiben die Richtung des stärksten Wachstums Veränderungen,

Abweichende Spätholzprozente verschiedener Stämme.

Tab. 139.

Scheibe	Kiefer 15, 20,65 m hoch				Kiefer 13, 21,7 m hoch			Kiefer 22, 18,6 m hoch			Kiefer 7, 14,1 m hoch				Kiefer 28, 25,5 m hoch			
	Höhe	1888	1889	1890	Höhe	1888	1889	Höhe	1888	1889	Höhe	1888	1889	1890	Höhe	1882	1883	1884
I	0,25	40	50	38	—	—	—	0,2	46	50	0,2	28	41	45	0,3	35	47	37
II	1,3	31	29	42	1,4	20	16	1,3	47	44	1,3	33	29	43	1,65	41	50	46
III	3,4	26	(24)	(19)	5,5	13	15	8,8	42	33	3,4	27	24	37	5,85	48	45	42
IV	5,45	21	19	23	9,6	13	12	14,2	29	36	5,5	31	25	37	10,05	41	35	43
V	7,6	26	18	22	13,7	12	9	—	—	—	7,6	23	28	34	14,35	36	27	37
VI	9,65	21	20	23	15,8	12	11	—	—	—	9,7	22	33	25	18,45	24	30	28
VII	11,8	25	22	28	17,9	13	17	—	—	—	11,8	11	35	20	20,65	26	37	28
VIII	13,9	27	22	37	20,0	10	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IX	15,5	29	33	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X	18,2	22	50	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel	I—IX	27	26	30	II—VIII	15	15	I—IV	41	41	I—V	28	29	39	I—VI	38	39	39

so dafs eine in vier Richtungen vorgenommene Messung das Verhältnis der Spätholzprozente zwischen den einzelnen Jahren nicht vollständig genau wiedergeben mufs.

Alle hier angeführten Umstände lassen es uns begreiflich erscheinen, dafs der Einflufs der Witterungsverhältnisse der verschiedenen Jahre nur dann deutlich hervortritt, wenn besondere Umstände sich vereinigen, die auf eine Vermehrung oder Verminderung des Spätholzprozentes hinwirken. Dies findet aber nur in einzelnen, relativ wenigen Jahren statt.

Im direkten Widerspruch zu meinen Angaben stehen die Anschauungen von Wieler und Lutz. Würde thatsächlich die Bildung von Spätholz in erster Linie auf den verschiedenen Wassergehalt der Rinde und Jungholzregion zurückzuführen sein, müfsten die Kiefern in so abnorm trockenen Jahren wie 1893 ein besonders hohes Spätholzprozent aufweisen, während sich dieses Jahr selbst auf den trockensten Standorten durch ein Herabgehen des Spätholzprozentes auszeichnet und auch die übrigen Jahre, welche einen trockenen August aufweisen, relativ weniger Spätholz bilden. Wenn auch bei Verminderung der Wasserzufuhr kleinere Zellen gebildet werden können, so ist dies noch keine Erklärung der Spätholzbildung, die von verschiedenen Faktoren abhängt. Da es sich in diesem Kapitel nur um den Einflufs der verschiedenen meteorologischen Verhältnisse der einzelnen Jahre auf die Ausbildung des Spätholzes handelt, möge dieser Hinweis genügen. Auf das Verhältnis zwischen Wasserzufuhr und Spätholzbildung werde ich im Kap. 15 zurückkommen.

Aus unseren Befunden können wir den Schlufs ziehen, dafs das Verhältnis zwischen Früh- und Spätholz und somit die Qualität des Kiefern-

holzes in geographisch und klimatisch verschiedenen Wachstumsgebieten der Kiefer eine ungleiche sein mufs. Bei durchschnittlich früherem Eintritt der dem Wachstum vorausgehenden Prozesse infolge höherer Temperaturen zu Beginn des Jahres wird, wie ich früher gezeigt habe (Kap. 4) der Zuwachs gesteigert, aber unter sonst gleichen Verhältnissen erleidet die Qualität des Holzes eine Verschlechterung. Bei spätem Beginn der Wachstumsthätigkeit resp. der vorausgehenden Stoffmetamorphosen wird der Zuwachs vermindert, die Qualität aber verbessert. Auf diese Weise wären die Differenzen zu erklären, welche A. Schwappach[1]) bezüglich der Qualität des Kiefernholzes verschiedener Wachstumsgebiete gefunden hat. Allerdings ist in Anbetracht der aufserordentlichen Verschiedenheiten der einzelnen Stämme die Zahl der aus einzelnen Gebieten untersuchten Bäume eine zu geringe, um ein definitives Urteil über alle bei Schwappach angeführten Gebiete zu gewinnen, an dem Einflufs des Wachstumsgebietes auf die Holzqualität ist jedoch nicht zu zweifeln. Im speziellen scheint mir die geringere Qualität der aus der Provinz Sachsen und aus Oberbayern stammenden Kiefern im Vergleich zu den Kiefern Nordostdeutschlands für meine Erklärung zu sprechen.

Auch bezüglich anderer Holzarten ist A. Schwappach[2]) zu der Ansicht gekommen, dafs das Wachstumsgebiet auf die Qualität des Holzes einen wesentlichen Einflufs besitze.

Immerhin möchte ich vor Verallgemeinerungen ohne spezielle Untersuchungen warnen, da bei den verschiedenen die Höhe des Spätholzprozentes beeinflussenden Faktoren nicht vorauszusagen ist, welche Qualität das Holz eines bestimmten Gebietes aufweist. So würde bei nordischen Kiefern der späte Beginn des Frühjahres auf eine Verbesserung der Qualität hinwirken, dies wird aber nur so lange der Fall sein, als die Wachstumsgröfse nicht unter ein gewisses Mafs herabgeht. Ebenso zeigen die Kiefern auf Moorboden häufig eine schlechte Holzqualität, obgleich die Wachstumsthätigkeit hier spät beginnt. Die geringere Qualität hängt hier vielleicht mit einer geringeren Höhe der Stämme zusammen, infolgedessen die mechanische Beanspruchung der Stämme herabgesetzt ist, es kann aber möglicherweise auch das Austrocknen der Moore am Ende der Wachstumszeit die Spätholzbildung beeinträchtigen.

Einen die Qualität verbessernden Einflufs dürfte der späte Beginn der Wachstumsvorgänge an den im Gebirge wachsenden Bäumen besitzen. Die Härte des Holzes der im Hochgebirge an die Stelle von Pinus silvestris tretenden Pinus montana ist bekannt. Die letztere produziert in Tieflagen namentlich bei starker Kronenentwickelung ein viel weicheres Holz, wobei jedoch noch andere Faktoren in Betracht kommen.

---

[1]) A. Schwappach, Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes der wichtigsten Waldbäume, I Die Kiefer, 1897, S. 24.

[2]) A. Schwappach, Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume, II Fichte, Weifstanne, Weymouthskiefer und Rotbuche, 1898.

R. Hartig[1]) sieht die Ursachen der besseren Qualität der Bäume der Hochgebirgslagen einerseits in der Kürze des Frühlings, andererseits in der intensiveren Lichtwirkung dieser Hochlagen. Die letztere soll bewirken, daſs dann, wenn einmal die kambiale Thätigkeit begonnen hat, nach kurzer Zeit, in welcher relativ wenig Frühlingsholz gebildet wird, die Produktion wertvollen Sommerholzes erfolgt. Er erwähnt auch, daſs die Lärchen des Nürnberger Reichswaldes schon Anfang April im unteren Stammteile Zuwachs zeigten, während sich in der Hochgebirgslage die kambiale Thätigkeit bis Anfang Juni verzögert.

Bezüglich des Einflusses, welchen die Verkürzung der Vegetationsperiode zu Beginn des Wachstums auf die Spätholzbildung ausübt, stimme ich mit R. Hartig überein, der intensiveren Lichtwirkung kann ich jedoch keine Bedeutung beimessen. Hartig selbst (vergl. S. 240) nimmt an, daſs bei gesteigerter Lichtwirkung und Transpiration Holz mit weiten Innenräumen gebildet wird, es müſste demnach die intensivere Lichtwirkung im Hochgebirge eher die Bildung weitlumigen Holzes begünstigen. Aber abgesehen davon dürften in den einzelnen Jahren den Kiefern der Ebene keine so wesentlich verschiedene Lichtmenge zukommen, um die Differenzen im Spätholzprozent hierdurch zu erklären. Auſserdem wird, wie ich gezeigt habe, die Spätholzzone verbreitert, wenn der August feucht ist und somit zur Zeit der Spätholzbildung die Luftfeuchtigkeit gröſser resp. die Verdunstung geringer ist.

Eine höhere Temperatur vor Beginn des Wachstums setzt, wie wir gesehen haben, das Spätholzprozent herab, wobei es dahingestellt bleiben mag, ob diese Erscheinung durch den früheren Beginn des Wachstums oder bei nicht wesentlich früherem Beginn des Wachstums durch eine erhöhte Zellteilungsthätigkeit hervorgerufen wird. Hierbei liegt der Gedanke nahe, die Differenzen der Spätholzprozente in verschiedener Stammhöhe ebenfalls mit dem ungleichen Beginn des Wachstums in Verbindung zu bringen.

Nach R. Hartig[2]) soll die kambiale Thätigkeit im Schlusse erwachsener Kiefern, Fichten und Lärchen an dem Gipfel in die Monate Mai, Juni, Juli, am Fuſse in die Monate Juni, Juli und August fallen. Zweifellos falle die kambiale Thätigkeit dieser Bäume oben mehr in die ungünstige Frühjahrszeit, umschlieſse dieselbe wenigstens vollständig, während unten der Zuwachs erst nach Eintritt der günstigeren Vegetationsverhältnisse beginne und vorzugsweise im Hochsommer vor sich gehe. Diese Verschiebung erkläre zur Genüge die bessere Ernährung und den kräftigeren Zuwachs des Kambiums im unteren Teile der Stämme, es werde unten aber nicht nur mehr, sondern auch besseres Holz produziert als oben. Bei unterdrückten Bäumen sollen die Bildungsstoffe zur Ernährung der unteren Teile

---

[1]) R. Hartig, Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume, 1885, S. 60—62.

[2]) R. Hartig, Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume 1885, S. 36, 63, 104.

nicht mehr ausreichen und infolgedessen unten sowohl Quantität als Qualität zurückgehen.

In derselben Weise äufsert sich Hartig[1]) in einer Arbeit über das Fichten- und Tannenholz des bayerischen Waldes: „Beginnt die Zuwachsthätigkeit des Kambiummantels sehr frühzeitig, z. B. Mitte April, wie bei völlig freistehenden Bäumen, dann entwickelt sich eine relativ breite Frühjahrszone, deren Zellen dünnwandig sind, weil im Monat April und Mai die Ernährungsbedingungen für das Kambium noch ungünstige sind. Beginnt der Zuwachs erst Ende Mai oder Anfang Juni, wie in den unteren Teilen solcher Bäume, die im dicht geschlossenen Bestande stehen, so entsteht nach einer kürzeren Periode der Frühjahrsholzerzeugung alsbald dickwandigeres Holz, weil Wärme und Lichtwirkung der Erzeugung von Bildungsstoffen sehr günstig sind." Ebenda (l. c. S. 363) sagt Hartig: „Freistand erzeugt leichtes Holz, weil die Transpiration eine sehr lebhafte ist und dies kommt dadurch zu stande, dafs durch frühzeitige Erwärmung der oberen Bodenschicht die Erzeugung von Frühjahrsholz, welches besonders die Wasserleitung übernimmt, begünstigt wird, indem die Vegetation um vier bis sechs Wochen zeitiger beginnt. Dichter Bestandesschlufs erzeugt besseres Holz, weil bei geschwächter Verdunstung die Leitungsfähigkeit eine geringere zu sein braucht. Dies kommt dadurch zu stande, dafs das späte Erwachen der Vegetation die Erzeugung dünnwandigen Frühlingsholzes beeinträchtigt."

Nach einer späteren Angabe Hartigs[2]) ist die Dickwandigkeit der Organe im Frühjahre im allgemeinen deshalb eine geringere, weil zu dieser Zeit die Belaubung noch nicht mitarbeitet, die Tage kurz sind und die Wärme gering ist. Eine Einschränkung des Einflusses der Wärme auf die Holzqualität giebt Hartig, indem er in derselben Abhandlung (l. c. S. 178) angiebt, es lasse sich zur Zeit noch nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob die Wärme einer Gegend einen Einflufs auf die Holzbeschaffenheit ausübe oder nicht. Die Wahrscheinlichkeit spreche dafür, dafs die Wärme, die ja auf die Quantität des Zuwachses einen so mächtigen Einflufs ausübe, die Qualität nur dann in günstigem Sinne beeinflusse, wenn die Verdunstung nicht gleichzeitig gesteigert werde. Vielleicht sei das aber nach Holzart verschieden.

Wie wir aus diesen Angaben ersehen, sind es nach der Anschauung Hartigs hauptsächlich Unterschiede der Ernährung, welche infolge der zeitlichen Verschiebung des Wachstums auf die Spätholzbildung einwirken. Später mifst Hartig der Transpirationsgröfse einen Einflufs bei, ohne jedoch über den kausalen Zusammenhang der einzelnen Faktoren Klarheit zu gewinnen. Nach dem Satze „Freistand erzeugt leichtes Holz, weil die Transpiration eine sehr lebhafte ist" müfste man annehmen, dafs die stärkere

---

[1]) R. Hartig, Centralblatt f. d. ges. Forstwesen 1888, S. 362.

[2]) R. Hartig, Untersuchungen über die Entstehung und die Eigenschaften des Eichenholzes. Forstl.-naturwiss. Zeitschrift 1894, S. 175.

Transpiration die Ursache der vermehrten Frühholzbildung ist. Zugleich sagt aber Hartig, dafs die Erzeugung von Frühjahrsholz durch die frühzeitige Erwärmung der oberen Bodenschicht zustande komme. Hiernach wäre also die frühere Erwärmung die Ursache der relativ stärkeren Ausbildung von Frühholz. In Anbetracht solcher unklarer Vorstellungen über den kausalen Zusammenhang der Dinge dürfen wir uns nicht wundern, wenn Hartig im Zweifel ist, ob die Wärme einer Gegend überhaupt einen Einflufs auf die Holzbeschaffenheit habe.

Auf die Beziehungen zwischen Transpirationsgröfse und Gröfse der Wasserleitungsbahnen werde ich erst im 15. Kapitel eingehen, an dieser Stelle soll nur der Einflufs besprochen werden, den der frühere Beginn des Wachstums in den oberen Stammteilen auf die Höhe des Spätholzprozentes ausüben kann.

Ein genauer Zeitpunkt für den Beginn der Spätholzbildung in den einzelnen Scheiben eines Stammes kann nicht angegeben werden, weil derselbe nicht in allen Richtungen einer Scheibe gleichzeitig erfolgt. So waren bei den Kiefern 33 und 34 am 27. Juli 1896 die Zellen zum Teil schon kleiner aber noch nicht verdickt, während in anderen Richtungen die Verdickung schon eingetreten war. Nach meinen Beobachtungen am 6. Juli und 27. Juli 1896 kann ich daher nur sagen, dafs Anfang Juli Spätholz noch nicht gebildet ist, während Ende Juli die Spätholzbildung erst vor kurzem eingeleitet worden ist. Es wird demnach sicher bei der hohen Temperatur des Juli noch Frühholz gebildet werden, ganz ebenso, wie bei der niedrigeren Temperatur des Mai Frühholz entsteht. Würde eine hohe Temperatur die Spätholzbildung veranlassen, so müfste doch in einzelnen Jahren, wo schon früher Perioden höherer Temperatur auftreten, periodisch Spätholz entstehen, was jedoch nicht der Fall ist. Aufserdem möchte ich darauf aufmerksam machen, dafs sehr häufig die mittlere Augusttemperatur niedriger ist als die Julitemperatur und trotzdem fällt die eigentliche Zeit der Spätholzbildung in den August. Temperaturdifferenzen können demnach die Spätholzbildung nicht hervorrufen oder die Dünnwandigkeit der im Mai und Juni gebildeten Frühholzzellen verursachen.

Ebensowenig sind Differenzen im Wassergehalt als die Ursache der Spätholzbildung anzusehen, wie im 15. Kapitel nachgewiesen wird. Es ist demnach nicht möglich, dafs eine geringe Verschiebung der Bildungszeit des Jahresringes so beträchtliche Unterschiede, wie sie zwischen den unteren und oberen Teilen eines Stammes bestehen, hervorrufen kann.

Nach den Angaben Hartigs erwacht die Thätigkeit des Kambiums im freien Stande oben und unten mehr gleichmäfsig. Wäre dieser Faktor für die Höhe des Spätholzprozentes mafsgebend, müfsten bei freistehenden Bäumen die Spätholzdifferenzen zwischen den oberen und unteren Stammteilen geringer sein als im geschlossenen Bestande, wo die Unterschiede im Beginn der kambialen Thätigkeit gröfser sein sollen. Dies trifft jedoch nicht zu. Auch an den Kiefern desselben Bestandes läfst sich nachweisen, dafs trotz verschiedenartigen Wachstumbeginns die Spätholzdifferenzen der

einzelnen Scheiben dieselben sind. Bei Kiefer 2 (Tab. 82) hat das Wachstum am 6. Mai 1895 schon an allen Scheiben begonnen, bei Kiefer 4 dagegen erst in den obersten Scheiben VIII—XI. Vorausgesetzt, dafs sich dieselben Unterschiede auch in den übrigen Jahren gezeigt haben, müfste die Zunahme der Spätholzprozente von oben nach unten bei Kiefer 4 eine viel auffallendere sein als bei Kiefer 2. Dies ist aber nicht der Fall, wie uns die gleichartigen Differenzen der Spätholzprozente bei beiden Kiefern zeigen (Tab. 3 und 4).

Gegen die Anschauung, dafs der verschiedene Beginn des Wachstums als die Ursache der Spätholzdifferenzen in den einzelnen Höhen anzusehen ist, spricht schon an sich das Verhalten der Kiefer 2. Am 6. Mai 1895 (Tab. 82) ist an den Scheiben II—IX ungefähr ein gleicher Prozentsatz der Ringbreite des Jahres 1894 gebildet, trotzdem würde, wie sicher anzunehmen ist, auch der 95er Jahresring in den verschiedenen Höhen die analogen Differenzen gezeigt haben wie in anderen Jahren. Analog verhält sich Kiefer 8 (Tab. 82).

Da bei der schwachwüchsigen Kiefer 4 die oberen Stammteile früher zu wachsen anfangen, dürfen wir wohl annehmen, dafs dies auch bei den noch etwas weniger wachsenden Stämmen stattfindet, und trotzdem finden wir bei diesen, wie früher gezeigt wurde, in den oberen Stammteilen dasselbe oder sogar ein höheres Spätholzprozent. Hier findet sich also trotz der zeitlichen Verschiebung des Wachstums eine wesentlich andere Aufeinanderfolge der Spätholzprozente in verschiedener Stammhöhe.

In jenen Fällen, wo beträchtliche Unterschiede im Spätholzprozent an jenen Scheiben auftreten, deren Zuwachsbeginn gleich ist, kann natürlich auch eine verschiedene Ernährung nicht die Ursache der betreffenden Spätholzdifferenzen sein. Diese Fälle beweisen uns, dafs ein verschiedener Beginn des Wachstums für die Entstehung der normalen Spätholzdifferenzen in den einzelnen Stammhöhen nicht notwendig ist.

Wenn ich den verschiedenen Beginn des Wachstums auch nicht als Ursache der in den einzelnen Stammhöhen bestehenden Spätholzprozentdifferenzen ansehen kann, so möchte ich doch zugeben, dafs hierdurch das Zustandekommen der durch den Druck hervorgerufenen Unterschiede erleichtert werden kann. Es würde sich dort, wo das Wachstum in verschiedener Stammhöhe ungleichzeitig beginnt, um eine verschieden lange Dauer der Wachstumsperiode handeln, bei welcher dieselben Unterschiede hervortreten, die wir bei den einzelnen Jahren beobachtet haben. Der frühere Beginn der dem Wachstum vorausgehenden Prozesse war hier mit einer Herabsetzung der Spätholzprozente, die Verkürzung der Wachstumsperiode zu Anfang derselben dagegen mit einer Steigerung des Spätholzprozentes verbunden. Eine analoge Wirkung in verschiedener Stammhöhe vorausgesetzt, würde die Ausbildung der durch den Druck hervorgerufenen Differenzen im Spätholzprozent wesentlich erleichtern.

Im Anschlufs an die Verschiedenheit des Spätholzprozentes in den

einzelnen Jahren, welche durch die Differenzen der meteorologischen Faktoren hervorgerufen werden, möge an dieser Stelle noch kurz auf jene Abweichungen des Spätholzprozentes hingewiesen werden, welche als Folgen des Insektenfrafses an den Nadeln auftreten.

Wie bereits S. 59—61 gezeigt wurde, geht bei Nonnenfrafs das Spätholzprozent in dem Frafsjahre selbst sehr beträchtlich herab, um im 1. Folgejahre oder zum Teil auch noch später eine abnorme Steigerung zu erfahren.

Um Anhaltspunkte über die hier wirksamen Faktoren zu gewinnen, füge ich die Tabellen 140 und 141 bei, auf welchen die Veränderungen von Ringbreite und Spätholzprozent in verschiedener Stammhöhe an mehreren ungleich stark beschädigten Kiefern angegeben sind. Zu den Tabellen selbst möchte ich bemerken, dafs dort, wo der Jahresring vollständig aussetzt, dies durch einen Srich angedeutet ist. Wo an einer Scheibe wegen teilweisen Aussetzens des Jahresringes weniger als 4 Messungen vorlagen, sind die Zahlen in den Tabellen eingeklammert. In den jüngsten Jahresringen der obersten Scheiben war das Spätholzprozent wegen ungenügender Abgrenzung der Spätholzzone nicht genau zu bestimmen.

Die infolge des Frafses auftretenden Erscheinungen in befriedigender Weise zu erklären stöfst auf Schwierigkeiten, weil durch den Frafs verschiedene Faktoren zugleich eine Änderung erfahren.

Zunächst sei auf die schon früher besprochene Veränderung der mechanischen Beanspruchung verwiesen. Die Verminderung des Druckes, welcher auf die Jungholzzellen wirkt, bedeutet eine Verminderung der Gröfse des Reizes, von welcher die Bildung des Spätholzes abhängt. Es ist daher natürlich, dafs die Menge des Spätholzes und das Spätholzprozent im Frafsjahre herabgeht.

Bei geringer Beschädigung, wie bei Kiefer 2 (Tab. 140), nimmt das Spätholzprozent in normaler Weise von unten nach oben ab, doch erleidet dasselbe in den oberen Scheiben einen stärkeren Rückgang. Bei stärkerer Beschädigung kommen die Differenzen zwischen oben und unten nur unvollkommen und unregelmäfsig zum Ausdruck (die übrigen Kiefern der Tabellen 140 und 141), da die Herabsetzung des Spätholzprozentes allgemein ist.

Aufser der Änderung der mechanischen Beanspruchung werden aber auch die Ernährungsverhältnisse des Baumes durch den Frafs getroffen, und es ist deshalb nicht unwahrscheinlich, dafs auch diese Veränderungen auf die Spätholzbildung Einflufs gewinnen. Aus dem Verhalten der Ringbreiten resp. des Flächenzuwachses folgt, dafs die Summe der im Frafsjahre zur Verfügung stehenden Nahrungsstoffe gröfser war als im Folgejahre. Dabei mufste jedoch entsprechend dem Nadelverluste eine Verminderung der Nahrungsstoffe am Ende der Zellteilungsperiode des Frafsjahres eintreten. Durch einen solchen Nahrungsmangel konnte aber die Zellbildungsthätigkeit zu einem vorzeitigen Schlufs geführt oder doch in ihrer Lebhaftigkeit sehr eingeschränkt werden. Ein derartiger Er-

Jahresringbreite und Spätholzprozent nach Fraſsbeschädigung.
Tab. 140.

Kiefer	Scheibe	Höhe	Jahresringbreite mm					Spätholzprozent				
		m	1875	1876	1877	1878	1879	1875	1876	1877	1878	1879
2	I	0,2	1,62	1,28	1,25	1,74	1,32	27	30	53	44	40
	II	1,3	1,35	1,02	1,01	1,56	1,26	38	22	50	50	39
	III	3,4	1,33	1,18	0,95	1,44	1,29	29	18	35	42	36
	IV	5,5	1,59	1,44	1,04	1,64	1,30	22	17	30	33	33
	V	7,6	1,84	1,83	1,20	1,91	1,69	20	11	30	29	16
	VI	9,7	2,08	2,39	1,26	2,02	1,83	25	8	24	21	14
	VII	11,8	1,63	1,09	0,74	1,25	1,48	10	3	32	20	11
1	I	0,2	1,52	1,44	0,79	1,67	1,52	18	7	45	34	22
	II	1,3	1,64	1,51	0,79	1,40	1,25	18	6	45	36	31
	III	3,4	1,50	1,45	0,59	1,29	1,28	16	6	27	29	25
	IV	5,5	1,70	1,94	0,81	1,85	1,59	16	6	26	31	21
	V	7,6	1,66	2,21	0,90	2,21	1,77	21	6	37	25	15
	VI	9,7	2,24	2,33	1,15	3,13	1,91	13	4	40	16	13
	VII	11,8	1,52	1,62	2,02	2,39	1,48	?	?	?	?	7
11	I	0,2	1,66	0,96	0,64	1,48	1,67	37	14	75	42	34
	II	1,3	1,09	0,79	0,34	1,06	1,16	34	13	53	44	39
	III	5,5	1,44	1,00	0,35	0,95	1,34	24	6	26	31	31
	IV	9,7	2,65	1,86	0,95	2,49	2,65	29	10	34	31	17
	V	13,9	2,49	1,78	1,12	2,84	2,54	17	3	50	21	7
	VI	15,0		0,85	0,71	0,75	1,30		?	?	?	?
7	I	0,2	1,24	1,22	0,24	1,77	2,21	27	7	75	50	45
	II	1,3	1,38	1,14	0,04	1,79	1,96	29	9	(25)	49	47
	III	3,4	1,52	1,52	0,06	1,74	1,98	28	9	(17)	47	32
	IV	5,5	2,20	1,89	0,34	3,10	2,71	22	5	33	28	19
	V	7,6	2,43	2,14	0,47	3,51	2,30	17	4	34	23	13
	VI	9,7	1,88	1,58	2,08	2,96	1,96	?	?	?	16	9

folg ist aber gleichbedeutend mit der Wirkung gröſserer Trockenheit im August, welche, wie wir oben gesehen haben, zur Verminderung der Spätholzbildung resp. zur Herabdrückung des Spätholzprozentes beiträgt. Ein Gleichbleiben oder eine Vergröſserung des Zuwachses im Fraſsjahre, wie wir sie bei Kiefer 1 finden (Tab. 28), würde durch eine Steigerung des Wachstums in den der Fraſswirkung vorausgehenden Phasen zu erklären sein. Die Spätholzbildung kann unter dem Mangel von Nahrungsstoffen auch direkt leiden, sobald das hierzu notwendige plastische Material nicht ausreicht.

Die geringe Ausbildung von Spätholz nach Entnadelung auf einen gröſseren Wassergehalt zurückzuführen, wie dies von Lutz geschehen ist, liegt kein zwingender Grund vor. Lutz hat vor Beginn und während der Wachstumsperiode jüngere Kiefern entnadelt und als Folge dieses Eingriffes

Jahresringbreite und Spätholzprozent nach Fraſsbeschädigung.
Tab. 141.

Kiefer	Scheibe	Höhe m	Jahresringbreite mm								Spätholzprozent							
			1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882
9	I	0,2	0,96	0,62	0,10	0,57	0,67	0,55	0,63	0,91	28	5	(80)	50	57	45	49	53
	II	1,3	0,73	0,59	0	0,44	0,62	0,53	0,57	0,90	36	2	—	45	47	45	51	50
	III	3,4	0,88	0,83	0	0,76	0,77	0,62	0,57	1,03	30	7	—	54	46	34	44	47
	IV	5,5	1,13	0,94	0,05	1,20	0,94	0,70	0,55	0,75	24	11	(20)	44	35	29	25	35
	V	7,6	1,82	1,55	0,47	2,98	1,48	0,97	0,62	0,97	15	2	49	22	15	15	21	26
	VI	9,7				1,84	1,85	1,62	1,43	2,30				?	?	?	23	15
6	I	0,2	2,42	1,30	0,06	0,28	0,92	1,46	1,71	2,16	28	5	(14)	36	44	40	39	46
	II	1,3	2,09	1,15	0,03	0,23	0,97	1,29	1,42	1,80	25	4	(0)	26	36	35	37	38
	III	3,4	2,35	1,28	0	0,26	1,09	1,43	1,45	1,75	23	4	—	19	39	32	31	34
	IV	5,5	3,08	1,94	0,04	0,99	2,29	2,54	1,89	2,11	16	4	(0)	38	20	23	24	19
	V	7,6	3,76	2,57	0,21	2,70	2,99	2,65	2,05	2,24	9	2	18	26	13	15	15	12
	VI	9,7	3,51	2,10	0,79	3,14	2,51	2,50	1,74	2,18	6	0	51	14	8	10	14	21
4	I	0,2	0,79	0,66	0	0,04	0,08	0,09	0,26	0,44	20	7	—	(22)	20	22	29	36
	II	1,3	0,54	0,56	0	0,04	0,05	0,14	0,19	0,36	20	3	—	(22)	(20)	11	26	33
	III	3,4	0,47	0,44	0	0	0,02	0,16	0,24	0,40	15	2	—	—	(0)	10	20	20
	IV	5,5	0,52	0,44	0	0,04	0,10	0,18	0,37	0,49	13	4	—	(22)	10	18	24	28
	V	7,6	1,06	0,94	0	0,18	0,28	0,42	0,60	1,04	22	6	—	28	39	28	40	25
	VI	9,7	1,56	1,01	0,36	1,09	0,67	0,72	1,07	1,86	17	0	67	34	31	35	31	23
	VII	10,8					0,80	0,78	1,00	1,57					?	?	10	6

die Bildung von Frühholz gefunden. Die Bildung von Frühholz an den Kiefern, welche zur Zeit der normalen Frühholzproduktion entnadelt wurden, beweist nur, daſs durch die Entnadelung Spätholz nicht hervorgerufen wird. Die Behauptung von Lutz, daſs nach der Entnadelung Tracheiden entstehen deren radiale Streckung gröſser ist als bei den Tracheiden, welche unter normalen Verhältnissen gebildet worden wären, ist nicht bewiesen. Es ist ein Irrtum von Lutz, wenn er annimmt, daſs durchwegs die zuerst gebildeten Tracheiden den gröſsten radialen Durchmesser aufweisen. Auſserdem geht es nicht an, einfach die äuſseren Tracheiden, gleichgültig wann die Entnadelung stattgefunden, als nach der Entnadelung gebildet anzusehen. Der ganze Zuwachs konnte schon vor der Entnadelung gebildet sein.

Bei der am 20. August entnadelten Kiefer war, wie Lutz sagt, der Zuwachs in den Seitentrieben im Verhältnis zum vorherigen Jahr gering, der neue Jahrring bei der Entnadelung nahezu abgeschlossen. Es entstanden daher nur noch einige Tracheiden, deren radiale Streckung von derjenigen der vorhergehenden Tracheiden kaum abweicht[1]). Der ab-

[1]) K. G. Lutz, Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. S. 35.

weichende Befund an dem Endtrieb, wo eine durchschnittliche Vergröſserung des radialen Durchmessers von 14,8 μ auf 15,6 μ beobachtet wurde, ist nicht beweisend, da, wie Lutz anführt, auf der einen Seite ein sog. Band, d. h. eine Druckzone vorhanden war und gerade in solchen Trieben es sehr häufig vorkommt, daſs auch ohne Entnadelung die zuletzt gebildeten Tracheiden etwas gröſser sind.

Aber ganz abgesehen von den methodischen Fehlern, ist es doch vollständig unzulässig, aus der Art wie die Schrumpfung der Rinde an abgeschnittenen Zweigen erfolgte, den Schluſs zu ziehen, daſs der Wassergehalt der Rinde und des Jungholzes ein wesentlich höherer war als bei den benadelten Kiefern[1]). Im übrigen verweise ich auf die diesbezüglichen Auseinandersetzungen im 15. Kapitel, welche die Beziehungen zwischen Wassergehalt und Spätholzbildung näher beleuchten.

Die in den Folgejahren nach dem Fraſse auftretende Steigerung des Spätholzprozentes macht sich nur dort nicht geltend, wo die Jahresringbreite zu stark vermindert ist. Wie wir im 14. Kapitel sehen werden, ist eine gewisse Gröſse der Wachstumsenergie zur normalen Bildung von Spätholz notwendig, da sonst die Wirkung des Druckreizes, welche zur Spätholzbildung führt, unvollständig ist.

Die Wachstumsenergie ist unter anderem abhängig von der Verteilung des Drucks und der Ernährung des Baumes. Bei ungenügender Ernährung infolge der Fraſswirkung wird demnach das Spätholzprozent in jenen Stammhöhen gering bleiben, die wegen der schwächeren Druckwirkung ein zu geringes Wachstum aufweisen. Die Wachstumsenergie wird natürlich um so geringer sein, je stärker der Fraſs war. Bei der stark befressenen Kiefer 6 (Tab. 141) bleibt das Spätholzprozent im Folgejahre und bei der am stärksten beschädigten Kiefer 4 auch noch in den weiteren Jahren niedrig oder ist doch nur an jenen Scheiben höher, wo die Ringe breiter sind (Tab. 141). Ist die Schädigung durch den Fraſs eine dauernde und vermag sich die Wachstumsenergie wie bei älteren Bäumen nicht wieder zu heben, bleibt das Spätholzprozent dauernd niedrig. So war bei der Kiefer 42, die im Jahre 1896 ca. 220 Jahre alt war, der 1876er Ring der letzte mit normaler Spätholzbildung, während das später gebildete Holz sehr weich blieb.

Bei genügender Ringbreite ist das Spätholzprozent in dem auf das Fraſsjahr folgenden Jahre wesentlich höher als vor dem Fraſs.

Ist das Maſs von Wachstumsenergie, welches zu ausgiebiger Bildung von Spätholz notwendig ist, erreicht, so bewirkt (vergl. Kap. 14) eine weitere Steigerung des Zuwachses eine Herabsetzung des Spätholzprozentes. War daher das Wachstum vor dem Fraſs ausgiebig genug, kann wie z. B. bei Kiefer 6 das Spätholzprozent relativ niedrig sein und nach dem Fraſs, sobald der Baum sich wieder hinreichend erholt hat, für längere Zeit höher bleiben als vor dem Fraſs, weil der Zuwachs geringer ist. Wir erkennen

---

[1]) Lutz l. c. S. 38.

diese Thatsache, wenn wir die Jahre 1881 und 1882 mit dem Jahre 1875 bei der Kiefer 6 vergleichen (Tab. 141).

Je nach dem Umständen kann demnach durch den Frafs eine Erhöhung oder eine Verminderung des Spätholzprozentes für eine Reihe von Jahren herbeigeführt werden.

Wie oben erwähnt kann durch den Frafs die dem Winde dargebotene Kronenfläche und damit die Verteilung des Druckes eine Veränderung erleiden. Die Folge davon ist eine veränderte Verteilung des Dickenwachstums auf die verschiedenen Querschnitte des Stammes, die sich in einem relativ stärkeren Dickenwachstum der oberen Stammteile geltend macht (vergl. S. 69). Das Dickenwachstum geht hier nach dem Frafse weniger stark zurück und erreicht schneller wieder das frühere Mafs. Da die Spätholzbildung zum Teil von den gleichen mechanischen Faktoren beeinflufst wird, welche die Verteilung des Dickenwachstums bestimmen, so steht die Höhe des Spätholzprozentes in einem gewissen Zusammenhang mit der Gröfse des Dickenwachstums in den verschiedenen Stammhöhen. Die normale Abnahme des Spätholzprozentes am Stamme von unten nach oben kann demnach durch den Frafs eine Alteration erleiden, so dafs in den oberen Stammteilen ein höheres Spätholzprozent auftritt als in den mittleren und unteren Teilen. Die Erscheinung macht sich nicht im Frafsjahre geltend, sondern erst im Nachjahre (vergl. Kiefer 1, 11, 7, 4, Tab. 140 und 141). Da an der untersten Scheibe die Druckwirkung weniger vermindert wird, kann auch hier ein gröfseres Wachstum und ein höheres Spätholzprozent auftreten.

Der Druckreiz dürfte sich im Folgejahre um so mehr geltend machen, als im Frafsjahre zumeist nur eine schmale Zone von Spätholzzellen gebildet wird, die häufig auch noch eine geringere Wandverdickung besitzen. Ein derartiger, fast nur aus dünnwandigen Zellen bestehender Jahresring wird dem Druck weniger Widerstand entgegensetzen, wodurch der Druck im folgenden Jahre stärker einwirken kann.

Die Frage, ob noch andere Faktoren bei der so auffallenden Erhöhung des Spätholzprozentes im Nachjahre thätig sind, läfst sich nicht bestimmt verneinen. So wäre es sehr leicht möglich, dafs zu Beginn der Vegetationsperiode des Nachjahres nur wenig Nahrungsstoffe vorhanden sind, wodurch eine Verzögerung des Wachstumsbeginns herbeigeführt werden könnte. Wie wir früher gesehen haben, müfste dies eine Erhöhung des Spätholzprozentes zur Folge haben. Dasselbe würde erreicht, wenn im Zusammenhang mit der durch den Frafs bedingten Ernährungsstörung die Zellteilungsfrequenz zur Zeit der Frühholzbildung geringer ist und nach Ergänzung der Krone durch die Bildung der neuen Triebe die Zellteilungen zur Zeit der Spätholzbildung eine Vermehrung erfahren würden.

Vierzehntes Kapitel.

Vergleich verschiedener Stämme. Die Beziehungen zwischen Flächenzuwachs und Spätholzprozent.

Nachdem wir im vorausgehenden Kapitel die Differenzen des Spätholzprozentes kennen gelernt haben, welche in verschiedenen Jahren an demselben Baume bestehen, ist es notwendig, die Höhe des Spätholzprozentes an den verschiedenen Bäumen desselben Bestandes zu betrachten. Dabei handelt es sich namentlich um die Frage, inwieweit das Verhältnis zwischen Frühholz und Spätholz durch die verschiedene Ausbildung der Krone eine Veränderung erfährt, d. h. welchen Einfluſs die Steigerung oder Verminderung der Wachstumsgröſse resp. der Ernährung besitzt.

R. Hartig hat in seinem Buche über das Holz der deutschen Nadelwaldbäume (1885) über dieses Thema die einander widersprechendsten Angaben gemacht, worauf schon von Wieler[1]) hingewiesen worden ist.

R. Hartig sagt (l. c. S. 39): „Es tritt auf das unzweideutigste hervor, daſs die Zunahme der Ernährung eines Baumes sich nicht nur im gröſseren Massenzuwachse, sondern gleichzeitig auch in der Verbesserung der Qualität äuſsert. Mit der Vergröſserung des Wurzel- und Blattvermögens wächst Quantität und Qualität, mit einer Verminderung der Ernährung des Kambiummantels sinkt dagegen Massenzuwachs und Güte des erzeugten Holzes. Sobald in höherem Alter die Ernährung des Baumes nachläſst, sinkt die Qualität in viel auffälligerem Maſse als die Quantität, findet dagegen infolge von Durchforstungshieben, Durchlichtungen u. s. w. eine Steigerung der Massenproduktion statt, so steigt sofort die Qualität bedeutend in die Höhe."

Es folgen (l. c. S. 40—54) zahlreiche Angaben, welche beweisen sollen, daſs eine Steigerung des Flächenzuwachses immer mit einer Qualitätssteigerung (Erhöhung des spezifischen Trockengewichtes) verbunden ist. Die gegebenen Zahlen entsprechen dieser Annahme nur in sehr ungenügender Weise, indem sehr häufig bei gleichem Flächenzuwachs das spezifische Trockengewicht wesentlich abweicht oder geradezu bei Abnahme des Flächenzuwachses eine Steigerung, bei Zunahme des Flächenzuwachses eine

[1]) A. Wieler, Über die Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. Tharander Forstl. Jahrbuch, Bd. 42, S. 182 ff.

Verminderung des spezifischen Trockengewichtes eintritt. Die Zahlen sind demnach von Hartig mit einer nicht zu rechtfertigenden Voreingenommenheit zur Aufstellung obiger Hypothese verwendet worden.

Nach den von Hartig angegebenen Sätzen müfsten Bäume mit umfangreicher Krone, die doch sicherlich besser ernährt sind als Bäume mit geringer Krone eine bessere Holzqualität zeigen, da sie relativ mehr Spätholz bilden. Dies ist jedoch nicht der Fall, wofür wir direkt Hartigs Angaben im IX. Kapitel desselben Buches anführen können. „Tannen und Fichten, welche aus natürlicher Besamung entstanden, Jahrzehnte im tiefen Schatten des geschlossenen oder doch wenig durchlichteten Bestandes erwachsen sind, besitzen eine ausgezeichnete Holzqualität" (l. c. S. 63). „Selbst Kiefern, wenn sie aus natürlicher Verjüngung stammen und in der Jugend sehr langsam gewachsen sind, zeigen eine aufserordentliche Qualität." „Bäume, welche nach längerer Unterdrückung durchforstungsweise genutzt werden, zeigen auch die hohe Qualität der im Schlusse gewachsenen Bäume" (S. 65). Nach den Angaben Hartigs (S. 65) zeigte eine stark unterdrückte Kiefer in Brusthöhe ein Gewicht von 55,5, die dominierende Kiefer ein Gewicht von 46—47. „Erziehung der Fichte im lichten Stande hat zwar eine Förderung des Quantitätszuwachses zur Folge, aber die Qualität ist am ganzen Stamme eine relativ geringe" (S. 65). „Es unterliegt keinem Zweifel und ist allgemein bekannt, dafs das Nadelholz im lichten Stande erwachsener Bäume von geringer Güte ist" (S. 67). Die geschätzte Ware ist die feinringige, aus geschlossenen Waldbeständen stammende, besonders das Holz aus Beständen, welche der natürlichen Verjüngung entsprungen sind" (S. 67). „Von ausgezeichneter Qualität ist das Holz der Bäume, welche dem Plenterwalde entstammend in der Jugend im Druck und tiefen Schatten erwachsen und allmählich im Laufe der Jahrzehnte immer freier gestellt wurden" (S. 67).

Bei dem relativ geringen Lichtzutritt der im Schatten anderer Stämme erwachsenen Bäume war der Flächenzuwachs sicher gering und trotzdem die „ausgezeichnete Qualität".

In einer späteren Arbeit vergleicht R. Hartig[1]) bei einem gleichaltrigen Fichtenbestande Bäume der stärkeren und schwächeren Klassen. Mit wenigen Ausnahmen zeigten diese Fichten in allen Altersperioden ein um so besseres Holz, je schwächer die Stämme sind (S. 222). Die Trockensubstanz beträgt bei den ersten (stärksten) Klassenstämmen 33,9 g und 33,6 g, bei dem schwächsten Stamme 47,1 g und das spezifische Trockengewicht steigt von 385 und 382 bis auf 547 beim schwächsten Stamme. Eine Einschränkung dieses Satzes giebt Hartig an dieser Stelle nicht, doch geht aus anderen Stellen hervor, dafs bei Herabgehen der Ringbreiten auch eine Verminderung der Qualität eintreten kann. So sagt Hartig[2]): „Beim Vergleich der verschiedenen Bäume sehen wir, dafs im 123jährigen Bestande das Splintholz um so besser ist, je enger die Ring-

[1]) R. Hartig, Die Verschiedenheiten in der Qualität und im anatomischen Bau des Fichtenholzes. Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift 1892, S. 209 ff.

[2]) Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume, S. 74.

breiten in jeder Baumhöhe sind, daſs aber ein Herabsinken derselben unter 0,8 mm mit einer Verminderung der Güte desselben verknüpft ist." Ferner S. 104: „sehr enge Ringe zeigen schlechte Qualität an" und „der Zuwachs unterdrückter Bäume ist von der Zeit der Unterdrückung an sehr geringwertig."

Dem Satze Hartigs, der stärkere Stamm habe leichteres Holz als der schwächere, widersprechen die Untersuchungen H. Bertogs,[1]) welcher nachwies, daſs sowohl bei der Tanne als bei der Fichte der unterdrückte Stamm zu leichtes Holz hat, bei der Tanne ist es noch leichter als das der stärksten, bei der Fichte ungefähr ebenso schwer als das der zweitstärksten Stammklasse. Bertog meint dem entsprechend, daſs der Hartigsche Satz von vorn herein nur für die herrschenden Stämme im haubaren Bestande gelte.

Zu einem wesentlich anderen Resultate ist E. Omeis[2]) gekommen, indem bei den von ihm untersuchten Kiefern die vorherrschenden Stämme, Klasse I und II, das höchste spezifische Trockengewicht zeigten. Es kommt somit bei der Kiefer das entgegengesetzte Gesetz in Bezug auf das Trockengewicht zum Vorschein als bei der Fichte. Die stärkeren Stämme weisen schwereres Holz auf als die schwächeren, während bei der Fichte dies umgekehrt ist. Auſserdem hat Omeis das Verhältnis zwischen Leitungsgewebe und Festigungsgewebe für die letzten 10 Jahre festgestellt. Wie Omeis behauptet, gehe aus seinen Untersuchungen deutlich das Gesetz hervor, daſs, abgesehen von seinem Stamm V (schwächste Klasse), auch bei der Kiefer mit verminderter Kronenentwickelung das prozentische Verhältnis des Leitungsgewebes zum Festigungsgewebe abnehme, jedoch trete hierdurch keine oder nur eine geringe Erhöhung der Qualität des Kiefernholzes ein. Diese kritiklose Arbeit ist nicht geeignet, die vorliegenden Fragen zu entscheiden. Zunächst ist die Auswahl der Stämme zu bemängeln, Stamm II ist vollkronig, während die übrigen Stämme im gröſseren oder geringeren Maſse eingeengt waren, die Anordnung der Stammklassen fällt demnach nicht mit der Kronenausbildung zusammen. Ebensowenig entspricht die Gröſse des Flächenzuwachses in den letzten 20 Jahren der Reihenfolge der Stämme I—V, indem Stamm III einen geringeren Flächenzuwachs als die Stämme IV und V aufweist. In Tabelle IX werden die spezifischen Trockengewichte für das Alter von 90—110 Jahren angegeben, dieselben Zahlen mit zwei Ausnahmen (Druckfehler?) werden aber in Tabelle XIV zum Vergleich mit den Spätholzprozenten des letzten Jahrzehntes verwendet, während gerade bei älteren Stämmen in den äuſseren Ringen sich die Holzbeschaffenheit zweier aufeinanderfolgender 10jähriger Perioden sehr beträchtlich ändern kann. Omeis hält es nicht für der Mühe wert anzugeben, daſs sich seine Spätholzprozente und die spezifischen Trockengewichte

---

[1]) H. Bertog, Untersuchungen über den Wuchs und das Holz der Weiſstanne und Fichte. Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift 1895, S. 185.

[2]) E. Omeis, Untersuchung des Wachstumsganges und der Holzbeschaffenheit eines 110-jährigen Kiefernbestandes. Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift 1895, S. 152.

auf verschiedene Perioden beziehen. Aufserdem ist es wunderbar, dafs er aus denselben Zahlen in den Tabellen IX und XIV zu verschiedenen Mittelwerten gelangt. Sein Vergleich der Spätholzprozente und der spezifischen Trockengewichte ist daher völlig wertlos und nicht geeignet, die Ansicht umzustofsen, dafs die Qualität einer Holzart hauptsächlich von dem Verhältnis zwischen Frühholz und Spätholz abhängt.

Abgesehen von allen diesen Fehlern ist die Spätholzbildung der von Omeis untersuchten Stämme wegen ihres Alters in starker Abnahme begriffen, was aus dem geringen Spätholzprozent (17—21 %) hervorgeht, in jüngeren Perioden (vergl. Tab. IX) zeigen daher die Omeisschen Stämme vielfach ein anderes Verhältnis der spezifischen Trockengewichte bei den verschiedenen Perioden, doch kann man weitere Schlüsse hieraus nicht ziehen, da Kronenumfang und Lichtverhältnisse nicht bekannt sind.

Ebenso wie bei den Spätholzprozenten in verschiedener Stammhöhe hat Hartig auch die Qualitätsdifferenzen der Stämme desselben Bestandes durch den ungleichen Beginn des Zuwachses und die verschiedene Ernährung zu erklären versucht (vergl. S. 329—331), später jedoch die Einwirkung der Transpirationsgröfse in den Vordergrund gestellt. Die letztere soll erst im 15. Kapitel besprochen werden, im vorliegenden Kapitel dagegen ist auf den Beziehungen der Ernährung und der Gröfse des Flächenzuwachses zu der Spätholzbildung einzugehen.

Betrachtet wurden die Mittelwerte der letzten 10jährigen Periode und zwar die Mittel der Jahre 1885—94 und nur bei den Kiefern 14—19 der Jahre 1888—97. Zur Kontrolle ist aufserdem noch die vorausgehende 10-jährige Periode aufgenommen. Eine Verwendung längerer Perioden war nicht angezeigt, da die Kronenausbildung, sowie der Lichtzutritt zu den einzelnen Stämmen in längeren Zeiträumen Veränderungen unterworfen war, andererseits mufste eine Reihe von Jahren zusammengefafst werden, um die Differenzen der einzelnen Jahre auszuschliefsen. Die Wahl fiel auf die letzte 10jährige Periode, weil die bei der Fällung gemachten Notizen einen Anhaltspunkt für Kronengröfse, Kronenansatz und Stellung des Baumes im Bestande boten, während für frühere Perioden diese Umstände nicht mehr zu konstatieren waren. Es wäre allerdings wünschenswert gewesen, durch Bestimmung des Gesamtgewichts der Nadeln ein genaueres Mafs für die Gröfse der assimilierenden und verdunsteten Fläche zu besitzen. Da derartige Bestimmungen von mir nicht vorgenommen wurden, konnte ich nur den mittleren Flächenzuwachs der untersuchten Perioden als ein allerdings nur annäherndes Mafs für die Leistungsfähigkeit und den Umfang der vorhandenen Krone verwenden. Da ferner die Höhe der Scheiben am Stamm das Spätholzprozent wesentlich verändert, wurden nur die Scheiben in Brusthöhe (fast immer genau bei 1,3 m über dem Boden) verglichen, deren Werte in die Tabelle 142 aufgenommen wurden.

Das in der zweiten Spalte angegebene Alter bezieht sich auf die Zahl der Jahresringe an der untersten Scheibe I, 0,2—0,3 m über dem Boden, das Alter des Baumes ist demnach einige Jahre höher. Das in der 5. Spalte

angegebene Verhältnis zwischen Stammhöhe und Fläche der untersuchten Scheibe wurde berechnet, indem der Abstand der Scheibe von der Spitze des Baumes bei der Fällung (ausgedrückt in Centimeter) dividiert wurde durch die Fläche der Scheibe am Ende der betreffenden Periode (ausgedrückt in Quadratcentimeter). Die Frühholz- und Spätholzflächen der 9. und 10. Spalte sind nur Näherungswerte, die aus Jahresringfläche und Spätholzprozent berechnet wurden.

Betrachten wir zunächst die Kiefern 1—5, welche einem mäfsig lichten Bestande auf sehr trockenem Boden angehörten. Die Kiefern 1 und 2 gehören der herrschenden Stammklasse an und sind mit einer gut ausgebildeten Krone versehen. Kiefer 3 steht etwas bedrängt zwischen anderen Stämmen, ist jedoch ungefähr gleichhoch wie die herrschende Stammklasse, die Kronenentwickelung ist mäfsig. Kiefer 4 hat eine kleinere Krone, dieselbe steht im Bestande ziemlich frei. No. 5 ist ein unterdrückter Stamm mit geringer Krone. Nehmen wir an, dafs der Flächenzuwachs annähernd der Kronenausbildung und dem Lichtgenufs entspricht, so finden wir in der Periode 1885—94 zunächst bei abnehmender Kronengröfse eine sehr beträchtliche Steigerung des Spätholzprozentes, welches bei Kiefer 3 ein Maximum erreicht. Eine weitere Abnahme der Kronenausbildung hat keine weitere Zunahme des Spätholzprozentes zur Folge, dasselbe sinkt und geht namentlich bei der unterdrückten Kiefer 5 auf einen geringen Wert herab. Ein analoges Verhalten finden wir auch in der Periode 1875—84, nur Kiefer 4 zeigt hier ein relativ stärkeres Zurückgehen des Spätholzprozentes infolge des an diesem Stamme sehr beträchtlichen Nonnenfrafses zu Beginn dieser Periode. Von Kiefer 3 ausgehend sehen wir, dafs sowohl eine Vermehrung als eine Verminderung des Flächenzuwachses das Spätholzprozent herabdrückt (Tab. 142).

Dieselben Beziehungen finden wir bezüglich der Ringbreite. Eine Verbreiterung der Ringe hat ein Herabgehen des Spätholzprozentes zur Folge, dies gilt aber nur so lange als die mittlere Ringbreite nicht unter ein gewisses Mafs sinkt, das hier durch eine Ringbreite von ca. 0,5 mm gegeben ist. Je mehr die Ringbreite unter dieses Mafs herabgeht, desto geringer bleibt das Spätholzprozent.

Vergleichen wir dagegen wie bei den Kiefern 6—9 nur Bäume, deren Wachstum nicht so stark herabgedrückt ist, erhalten wir das höchste Spätholzprozent bei dem Stamme mit dem geringsten Wachstum, in diesem Falle bei Nr. 9, dessen Ringbreite immer noch 0,78 mm beträgt.

Die Kiefern 6—9 wuchsen ebenfalls auf sehr trockenem Sandboden. Die Krone von 6 war gut, von 7 ziemlich gut ausgebildet. Nr. 8 hatte eine weit ausgelegte, eher etwas stärkere Krone als Nr. 7, dafür stand dieselbe jedoch zwischen anderen starkkronigen Bäumen. Nr. 9 hatte eine sehr hoch angesetzte, relativ geringe Krone, der Stamm war jedoch nicht unterdrückt. Auch bei diesen Kiefern hat der Nonnenfrafs von 1876 die Höhe des Spätholzprozentes in der Periode 1875—84 etwas modifiziert, ohne jedoch die Reihenfolge der Spätholzprozente umzustofsen.

Als Beispiel für das Verhalten von Kiefern auf sehr feuchtem Boden dienen die Kiefern 33—37.

Tab. 142. Vergleich der Scheiben in 1,3 m Höhe.

Kiefer Nr.	Alter der Scheibe I Jahre	Höhe des Stammes m	Abstand d. Scheibe v. d. Stammspitze m	Abstand: Scheibenfläche	Scheibe 1894: Fläche qcm	Scheibe 1894: Radius mm	Periode 1885—1894: Mittl. Flächenzuw. Jahresring qcm	Periode 1885—1894: Mittl. Flächenzuw. Spätholz qcm	Periode 1885—1894: Mittl. Ringbreite mm	Periode 1885—1894: Spätholz %	Periode 1875—1884: Scheibenfläche 1884 qcm	Periode 1875—1884: Mittl. Flächenzuw. qcm	Periode 1875—1884: Mittl. Ringbreite mm	Periode 1875—1884: Spätholz %
1	65	14,3	13,0	3,6	360	107	9,58	2,78	1,54	**29**	264	9,24	1,78	**28**
2	65	14,6	13,3	5,0	269	93	4,20	1,76	0,75	**42**	227	6,17	1,25	**43**
3	56	14,3	13,0	8,5	153	70	3,38	1,79	0,82	**58**	120	3,21	0,89	**51**
4	66	13,0	11,7	11,8	99	56	1,73	0,71	0,52	**41**	82	0,93	0,30	**27**
5	57	9,8	8,5	14,2	60	44	0,37	0,07	0,13$_7$	**19**	57	1,04	0,41	**18**
6	46	14,2	12,9	5,4	239	87	5,76	1,78	1,12	**31**	182	5,61	1,28	**29**
7	49	14,1	12,8	8,2	157	71	3,49	1,29	0,84	**37**	122	5,25	1,53	**38**
8	46	14,9	13,6	9,0	152	70	3,65	1,57	0,89	**43**	116	4,96	1,50	**38**
9	50	13,1	11,8	19,0	62	45	2,00	0,88	0,78	**44**	42	1,29	0,61	**40**
33	35	17,95	16,65	4,3	392	112	14,31	6,44	2,28	**45**	248	13,21	2,80	**36**
34	33	16,7	15,4	7,7	201	80	10,52	4,73	2,48	**45**	96	6,51	2,39	**39**
35	34	16,5	15,2	8,3	183	76	6,84	3,21	1,59	**47**	115	6,32	1,99	**31**
36	33	15,5	14,2	21,8	65	46	1,46	0,74	0,53	**51**	51	2,40	1,10	**43**
37	33	11,7	10,4	22,6	46	38	0,54	0,18	0,23	**33**	41	2,04	1,05	**40**
23	24	10,7	9,4	6,7	141	67	11,04	3,31	3,18	**30**				
24	22	8,8	7,5	41,7	18	24	1,01	0,42	0,81	**42**				
20	63	23,5	22,2	3,1	716	151	13,70	6,03	1,52	**44**	579	16,71	2,12	**35**
22	61	18,6	17,3	9,3	186	77	2,41	1,13	0,52	**47**	162	3,42	0,80	**46**
16[1])	65	19,0	17,7	4,3	409	114	8,51	2,81	1,26	**33**	324	9,17	1,55	**32**
17[1])	59	19,9	18,6	9,1	204	81	3,68	1,85	0,75	**51**	168	3,24	0,74	**48**
14[1])	70	23,25	21,95	3,6	606	139	9,41	4,70	1,13	**50**	511	10,67	1,41	**51**
15[1])	70	20,65	19,35	10,5	184	77	0,48	0,13	0,10	**28**	180	1,18	0,25	**33**
30	94	28,8	27,5	1,9	1418	213	13,23	4,23	1,02	**32**	1286	15,99	1,31	**37**
31	95	32,0	30,7	6,2	497	126	0,87	0,21	0,10$_5$	**24**	488	1,75	0,23	**27**
32	92	30,2	28,8	2,9	979	177	10,33	4,86	0,96	**47**				
13	92	21,7	20,3	2,9	705	150	5,04	1,06	0,52[3])	**21**				
25	153	29,0	27,7	1,2	2256	268	16,61[4])	5,48	1,10[4])	**33**	2090	15,74	1,12[4])	**34**
26	104[2])	21,2	19,9	1,2	1672	231	32,98	12,20	2,40	**37**	1342	44,55	4,04	**34**
27	104[2])	24,2	22,9	1,3	1754	236	31,55	11,36	2,23	**36**	1439	33,43	2,65	**35**
19	109[2])	27,4	26,1	2,5	1060	184	8,09	3,40	0,72	**42**	979	8,67	0,80	**39**
18	86	23,25	21,95	2,9	761	156	11,37	4,43	1,21	**39**	647	12,70	1,49	**41**
38	125	26,0	24,7	3,3	747	154	4,53	1,99	0,46	**44**	702	7,22	0,80	**43**
28	71	25,5	23,85	4,6	520	129	7,73	3,87	1,00	**50**	443	8,90	1,26	**48**
29	39	13,5	12,2	1,7	719	151	29,78	8,64	3,55	**29**	421	25,96	4,40	**25**
44	49	7,0	5,6	3,2	173	74	5,59	1,73	1,32	**31**	117	5,71	1,74	**21**

---

[1]) Die Perioden umfassen die Jahre 1888—1897 und 1878—1887. — [2]) Zahl der Ringe nicht bei 0,2—0,3 m, sondern bei 1,3 m über dem Boden. — [3]) Die Ringbreite und Spätholzbreite ist hier direkt nach der Summe der Teilstriche des Okularmikrometers berechnet. — [4]) Der Flächenzuwachs ist aus den Messungen in vier Richtungen berechnet, während Ringbreite und Spätholzprozent nur das Mittel der breiten und schmalen Seite darstellen. Die Ringbreite aus den 2 Messungen ist ca. 0,1 mm größer als die aus den 4 Messungen erhaltene.

Nr. 33 ein vorwüchsiger Stamm mit grofser, freier Krone.

Nr. 34 Krone mäfsig stark, jedoch frei.

Nr. 35 Krone einseitig ausgebildet. Im Norden und Westen fehlen die Äste bis zu 15 m Höhe, während sie an den anderen Seiten bei 8,3 m Höhe beginnen.

Nr. 36 Krone sehr hoch angesetzt, schwach, die Stammhöhe geringer als bei der herrschenden Stammklasse.

Nr. 37 Krone sehr gering, steht ganz unter Druck.

In der Periode 1885—1894 finden wir analoge Spätholzdifferenzen wie bei den Kiefern 1—5, nur fällt es auf, dafs das Spätholzprozent bei dem stärksten Stamme (Nr. 33) relativ weniger sinkt, wobei die im Vergleich zu Nr. 34 etwas schmalere Ringbreite zu berücksichtigen ist, während bei den Kiefern auf trockenem Boden Nr. 1 doppelt so breite Ringe hatte als Kiefer 2. Aufserdem tritt an den Kiefern auf feuchtem Boden bei einer Ringbreite von 0,53 mm noch kein Herabgehen des Spätholzprozentes ein, wobei namentlich das geringere Alter des Baumes und bei Kiefer 36 im Vergleich zu Kiefer 4 die geringere Scheibenfläche in Betracht kommt. Durch das bisher Angeführte sind wir im stande die verschiedenen Abweichungen der Spätholzprozente zu verstehen, welche wir bei dem Vergleich von starken und schwachen Stämmen der anderen Bestände finden. Ich habe aus verschiedenen Beständen je einen starken mit reicher Krone versehenen Stamm und einen schwachen Stamm mit geringer Krone ausgewählt, es sind demnach vergleichbar die Kiefern Nr. 23 und 24, Nr. 20 und 22, Nr. 16 und 17, Nr. 14 und 15, Nr. 30 und 31. Die dem gleichen Jagen angehörenden Stämme 32 und 13 sind zwar gleich alt, aber während Nr. 32 in einer feuchten Niederung wuchs, stand Nr. 13 auf einem trockenen Dünenrücken. Während nun in den jüngeren Beständen der reichbenadelte Stamm durchwegs ein geringeres Spätholzprozent aufweist, sehen wir umgekehrt in den älteren Beständen das höhere Spätholzprozent bei den Kiefern mit starker Krone. Das Alter ist jedoch nicht ausschlaggebend, denn die Stämme 16 und 27 einerseits, 14 und 15 andererseits sind im Alter nicht so wesentlich verschieden, dafs hierdurch ihr verschiedenes Verhalten begründet sein könnte. Dagegen sehen wir, dafs dort, wo die Jahresringe sehr schmal werden, eine Abnahme des Spätholzprozentes eintritt, während bei einer nicht so weit gehenden Verschmälerung der Ringbreite die breiteren Ringe das weichere, die schmaleren Ringe das härtere Holz besitzen.

Ein so beträchtliches Herabgehen der Ringbreite wird naturgemäfs leichter an älteren Stämmen zu finden sein, wo die Verminderung der Wachstumsenergie sich in höherem Mafse geltend macht, und insofern werden wir an älteren Stämmen häufiger das niedrigere Spätholzprozent in den nur schmale Ringe produzierenden Perioden finden, immerhin kann schon im jüngeren Baumalter die gleiche Erscheinung beobachtet werden, wenn es sich um stark unterdrückte Kiefern handelt, wofür uns Kiefer 37 ein Beispiel liefert.

Ich habe schon bei früherer Gelegenheit darauf hingewiesen (vergl. S. 276, 277), dafs unter einer sehr weitgehenden Verminderung der Wachstumsenergie die Fähigkeit Spätholz zu bilden, leidet. Diese Verminderung der Wachstumsenergie kann bei reichlicher Produktion von Nahrungsstoffen durch einen starken Longitudinalzug herbeigeführt werden, kann aber auch ohne eine derartige Zugwirkung durch Verminderung der Nahrungsstoffzufuhr bedingt sein oder auf einem Herabsinken der grofsen Periode des Wachstums beruhen. Was die Ernährung anbelangt, so dürfte es auf das Gleiche hinauslaufen, ob eine derartige Verminderung des Zuwachses durch zu geringe Kronenentwickelung resp. durch zu geringen Lichtgenufs, also durch ungenügende Assimilation oder durch ungenügende Zufuhr von mineralischen Bestandteilen herbeigeführt wurde.

Die Spätholzbildung ist nach meiner Ansicht eine auf den Druckreiz zurückzuführende Erscheinung und zu jeder derartigen Reizwirkung gehört die Reaktionsfähigkeit des betreffenden Organismus. Bei Reizerscheinungen kann, wie wir wissen, die Reizbarkeit durch verschiedene Umstände Abwesenheit von Sauerstoff, zu niedrige Temperatur, Lichtmangel etc. verloren gehen. Ebenso verliert die Kiefer die Fähigkeit auf den Druckreiz durch die Bildung von Spätholz zu reagieren, sobald gewisse Bedingungen nicht erfüllt sind, zu denen auch die Verfügbarkeit einer gewissen Menge von Nahrungsstoffen gehört. Im extremen Fall wird durch den Mangel an Nahrungsstoffen die Zellteilungsfähigkeit gerade so gut unterdrückt werden können als durch Abwesenheit von Sauerstoff oder durch ungenügende Wasserzufuhr. Bevor nun die vollständige Unterdrückung der Zellteilung eintritt, kann ein Zustand bestehen, bei welchen zwar noch Zellteilungen stattfinden, die Reaktionsfähigkeit aut Druck aber vermindert ist. Die starke Verminderung der Ringbreite ist demnach für uns mehr ein Symptom, ein äufserlich sichtbares Merkmal für einen Zustand geringerer Reizbarkeit, bei welchem die Spätholzbildung zwar nicht vollständig unterbleibt, aber doch beeinträchtigt ist.

Wenn demnach zur Herstellung eines auf Druckwirkung reaktionsfähigen Zustandes ein gewisses Minimum von Nahrungsstoffen eine Vorbedingung ist, so folgt daraus noch nicht, dafs nun die Vermehrung der Nahrungszufuhr eine proportionale Steigerung der Spätholzbildung hervorruft oder gar der Ernährungszustand allein für die Ausbildung von Spätholzzellen ausschlaggebend sei.

Wie wir im 10. Kapitel gesehen haben, äufsert sich die erhöhte Druckwirkung einerseits in einer radialen Verkürzung der Frühholztracheiden, andererseits in der Verstärkung der Wandverdickung; es sind dies Erfolge, die bei der Spätholzbildung zum typischen Ausdruck gelangen. Zugleich haben uns aber die Untersuchungen der Zellgröfsen gelehrt, dafs unter günstigen Wachstumsbedingungen die Zellgröfsen eine Zunahme erfahren, wodurch der auf Verkleinerung der Zellen hinzielenden Druckwirkung entgegengearbeitet wird. Es ist demnach ein wesentlicher Unterschied, ob die Steigerung des Dickenwachstums durch die Druckwir-

kung oder durch die regere Assimilationsthätigkeit der Krone bedingt ist. Es ist dabei gleichgiltig, ob die Vermehrung, welche das Dickenwachstum durch den gröfseren Umfang der Krone erfährt, auf die vermehrte Zufuhr an plastischen Stoffen oder eine Reizwirkung im Sinne von Jost (vergl. S. 241) zurückzuführen ist. Dieser Einflufs einer umfangreicheren Kronenausbildung macht sich noch nicht geltend, solange die Wachstumsenergie so gering ist, dafs die für den Druckreiz notwendige Reaktionsfähigkeit fehlt. Infolge dieser Verhältnisse finden wir das härteste Holz d. h. das Maximum des Spätholzprozentes nicht bei den am besten ernährten Stämmen, sondern bei den Stämmen mit geringerer Krone. Von diesem Maximum aus tritt dann bei unterdrückten oder zu wenig wachsenden Stämmen eine Verminderung des Spätholzprozentes ein. Bezüglich der relativ geringen Ausbildung von Spätholz bei sehr umfangreicher Krone sei auch noch auf die Stämme 29 und 44 verwiesen, die bei völlig freiem Stand eine sehr reiche, tief angesetzte Krone besafsen. Stamm 29 stand auf sehr feuchtem Boden in unmittelbarer Nähe des Plagesees, Stamm 44 ist eine auf sehr trockenem Boden erwachsene Kussel aus der Oberförsterei Cummersdorf. Die Höhenentwickelung beider Stämme ist durch den freien Stand sehr wesentlich beeinträchtigt.

Bei jeder Reizwirkung ist aufser der Reizbarkeit des betreffenden Organismus auch die Gröfse des Reizes zu beachten. Für die Gröfse der Druckwirkung kommt nun einerseits die Fläche der betreffenden Scheibe andererseits die Höhe des Stammes, der Umfang der Krone und die Verteilung der Äste in Betracht.

Bei gleicher Stammhöhe und Kronenausbildung wird der Druck um so gröfser sein, je kleiner die Fläche eines Stammquerschnittes ist. Vergleichen wir demnach in einem gleichartigen Bestande Stämme verschiedener Dicke, so wird der Druck und demnach auch das Spätholzprozent bei gleicher Stammhöhe um so gröfser sein, je kleiner der Durchmesser der Stämme ist. Der Steigerung des Spätholzprozentes ist jedoch durch die Abnahme der Reaktionsfähigkeit gegen den Druckreiz eine Grenze gesetzt, so dafs wir das härteste Holz nicht an den schwächsten Stämmen finden. Wie man in älteren Kiefernbeständen beobachten kann, reicht die Härte des Holzes unterdrückter Stämme oft nicht aus, die Last der Krone zu tragen und den Stamm aufrecht zu erhalten. Derartige Stämme biegen sich nach abwärts. In analoger Weise senken sich tiefer angesetzte Seitenäste von älteren Kiefern, die trotz hinreichender Benadelung nur ein geringes Dickenwachstum aufweisen, nach abwärts und brechen schliefslich ab. Das zuletzt gebildete Holz ist sehr arm an Spätholztracheiden, es gleicht unter dem Mikroskop vollständig dem Holz mancher Wurzeln und schneidet sich namentlich im frischen Zustande aufserordentlich weich. Allerdings kommt bei solchen Ästen noch in Betracht, dafs ihre Querschnitte nach dem Herabsinken zum Teil einer dauernden Zugwirkung ausgesetzt sind, welche die Spätholzbildung beeinträchtigt.

Bei gleicher Fläche des Querschnittes wird die Druckwirkung um so

stärker sein, je höher der Schwerpunkt der Krone liegt, in dem man sich die biegende Kraft des Windes angreifend denken kann, und je gröfser die dem Winde ausgesetzte Kronenfläche ist. Sehr wesentlich für die Gröfse des Druckreizes ist demnach die Stammhöhe, wenn auch die Höhe allein noch kein vollständiges Bild von der Gröfse der biegenden Kraft und des Druckes bietet. Aufserdem kommt für die Spätholzbildung neben der Biegung, wie früher gezeigt wurde (vergl. S. 313), auch die Last der auf einer Querschnittsfläche ruhender Holzmasse in Betracht.

Immerhin bieten unsere Stämme — wiederum abgesehen von den auf die Druckwirkung nicht genügend reaktionsfähigen Bäumen — verschiedene Beispiele, aus denen wir ersehen, dafs bei annähernd gleicher Querschnittsfläche der höhere Stamm das gröfsere Spätholzprozent besitzt. So verweise ich auf den Vergleich der Kiefern 18 und 38, 29 und 20, 17 und 34, 35 und 44, 36 und 9 (Tab. 142). Da die Stammhöhe nur ein ungenaues Bild von der Gröfse des Druckes giebt und aufserdem noch andere Faktoren auf die Spätholzbildung einwirken, wird man entsprechende Differenzen erst bei gröfseren Unterschieden in der Stammhöhe konstatieren können.

Trotz der schon früher ausgesprochenen Bedenken (vergl. S. 312) habe ich in die Tabelle 142 Zahlen aufgenommen, welche das Verhältnis zwischen Stammhöhe d. h. dem Abstande der Scheibe von der Spitze des Baumes und der untersuchten Querschnittsfläche darstellen.[1]) Je kleiner diese Verhältniszahl ist, um so geringer ist das Spätholzprozent. Es gilt dies jedoch nur für dieselben Bestände oder für gleichartige Bäume und auch dann nur innerhalb jener Grenzen, welche der Spätholzbildung durch die Reaktionsfähigkeit auf Druck gesetzt sind. Ebensowenig verändern sich die Spätholzprozente in einer bestimmten Proportion zu diesen Zahlen. Zur Erläuterung des Gesagten sei auf die Kiefern 1—5, 6—9, 33—37 verwiesen. Aufserdem habe ich in Tabelle 142 noch eine Reihe höherer Stämme aus verschiedenen Beständen aufgenommen (Kiefer 25—28, 18, 19, 38), deren Reihenfolge durch die Gröfse der Verhältniszahlen zwischen Stammhöhe und Scheibenfläche bestimmt war. Die Steigerung des Spätholzprozentes mit dem Wachsen dieser Verhältniszahlen tritt sehr deutlich hervor. Da diese Verhältniszahlen in der vorausgehenden Periode 1875—84 vermutlich nicht wesentlich verschieden waren, finden wir hier die gleiche Reihenfolge der Spätholzprozente.[2])

---

[1]) Da hier nicht der Abstand der Scheibe von dem Schwerpunkt der Krone, sondern von der Spitze des Stammes verwendet wurde, haftet diesen Zahlen ein weiterer Fehler an.

[2]) Gelegentlich der Beziehungen zwischen Querschnittsfläche und mechanischer Beanspruchung sei es mir gestattet, kurz auf eine technische Frage einzugehen. Schon Schwappach (Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume, I. Die Kiefer 1897, S. 44) hat darauf hingewiesen, dafs die Qualität unseres guten ausgereiften nordostdeutschen Kiefernholzes hinsichtlich der Festigkeit hinter dem von Nordamerika importierten Pitchpine-Holze nicht nur nicht zurücksteht, sondern die meisten Arten desselben, namentlich aber das Holz von Pinus australis sogar noch übertrifft. Nur die wenig verbreitete Pinus cubensis besitzt noch

Da die Stärke des Drucks von der Gröſse der Querschnittsfläche abhängig ist, muſs auf die Höhe des Spätholzprozentes in einer bestimmten Periode auch die Gröſse des Zuwachses in den vorausgegangenen Perioden von Einfluſs sein, insofern als die Gröſse des Querschnittes hiervon abhängt. Im jüngeren Baumalter wird durch das lebhafte Längenwachstum die Lage der Krone sehr wesentlich verschoben und der Hebelarm der biegenden Kraft beträchtlich vergröſsert. Auſserdem nimmt der Umfang der Krone zu. Trotz der Vergröſserung des Querschnittes steigt infolgedessen die Höhe des Druckes und im Zusammenhang damit die Gröſse des Spätholzprozentes. Bei alten Bäumen ist die Höhenzunahme relativ gering, während die Vergröſserung der Querschnittsfläche andauert. Wenn ferner der Umfang der Krone durch Absterben der unteren Äste eine Verminderung erleidet, muſs die Gröſse des Druckes herabgehen und das Spätholzprozent fällt, wie wir dies bereits im 11. Kapitel angeführt haben. Bei der Gruppe der älteren Stämme (Tab. 142 Nr. 25—27 etc.) sind demnach die Verhältniszahlen zwischen Stammhöhe und Querschnittsfläche und dementsprechend die Spätholzprozente relativ niedrig.

Wie wir sehen, sind die Verschiedenheiten des Spätholzprozentes, welche sich bei dem Vergleich der einzelnen Kiefern ergeben, ohne Zwang mit der mechanischen Beanspruchung des Stammquerschnittes in Einklang zu bringen.

Es fragt sich nun, ob sich in gleicher Weise Beziehungen zwischen der Ernährung und der Spätholzbildung ergeben.

Ich habe früher bewiesen, daſs die Verteilung des Zuwachses am Stamm nicht durch die ungleiche Zufuhr von Nahrungsstoffen zu den verschiedenen Querschnitten verursacht wird. Immerhin bietet uns die Gröſse des jährlichen Flächenzuwachses ein annäherndes Maſs für die Menge der

eine gröſsere Druckfestigkeit. Ich bin ebenfalls der Ansicht, daſs von Pinus silvestris ein Holz gewonnen werden kann, welches besser als das importierte Pitch-pine-Holz ist, sobald man nur die richtige Auswahl trifft. Nicht die stärksten Stämme liefern das hätteste Holz, sondern jene Stämme, welche bei relativ geringer Querschnittsfläche eine gröſsere Höhe erreichen und im Zusammenhang mit einer kleineren Krone sich durch schmalere Ringe auszeichnen. Auch von geringem Boden kann man sehr hartes Holz gewinnen (vergl. Kiefer 3), doch wird man dann in den Dimensionen des Holzes mehr beschränkt. Wie aus meinen Untersuchungen hervorgeht, ist das Holz unterdrückter Kiefern minderwertiger, es ist demnach darauf zu achten, daſs die Ringe nicht zu schmal werden, will man hartes Holz gewinnen. Da das Herabgehen der Wachstumsenergie unter ein für die Spätholzbildung ungünstiges Maſs auf besseren Böden später eintritt, so wird man von besseren Böden auch älteres Holz benutzen können. In diesem Falle ist jedoch besonders darauf zu achten, daſs man Kiefern ausschlieſst, welche in der Jugend infolge von starker Kronenentwickelung oder reichlichen Lichtgenusses sehr breite Ringe gebildet haben und erst später in ihrer Kronenausbildung beeinträchtigt worden sind. Auſserdem dürfte es notwendig sein, nur die unteren Stammabschnitte zu Zwecken zu verwenden, bei denen es auf groſse Härte des Holzes ankommt. Ich habe dabei speziell die Verwendung als Parkettböden, Holzpflaster etc. im Auge. Auch bei den Buhnenbauten auf Westerland-Sylt hatte ich Gelegenheit zu beobachten, daſs das hierzu verwendete Kiefernholz in sehr verschiedenem Grade der zerstörenden Wirkung des Meeres widerstanden hatte und zwar waren durchwegs die Stämme mit breiten Jahresringen, resp. mit einer breiten Frühholzzone allgemein viel stärker zerstört worden, als die Stämme mit schmalen Ringen und einer relativ breiten Spätholzzone.

an einem Stammquerschnitt thatsächlich verarbeiteten Nahrungsstoffe und da aufserdem die Gröfse des Dickenwachstums eines Baumes mit der Menge der disponiblen Nahrungsstoffe steigt, werden wir innerhalb gewisser Grenzen die Gröfse des Flächenzuwachses für den Ausdruck besserer oder schlechterer Ernährung ansehen können.

Würde die Menge an Nahrungsstoffen die Gröfse des Spätholzprozentes bestimmen, so müfste bei einer Anordnung der vergleichbaren Scheiben in Brusthöhe nach der Gröfse des Flächenzuwachses, wie ich sie in Tabelle 143 gebe, auch eine bestimmte Reihenfolge in der Höhe des Spätholzprozentes zu Tage treten. Würde, wie R. Hartig annimmt, die Bildung von Spätholz unter günstigen Ernährungsverhältnissen vermehrt, müfste das Maximum des Spätholzprozentes mit dem Maximum des Flächenzuwachses zusammenfallen. Würde dagegen entsprechend der Ansicht von Wieler unter ungünstigen Ernährungsverhältnissen relativ mehr Spätholz gebildet, so müfste das Spätholzprozent bei dem kleinsten Flächenzuwachs am gröfsten sein.

Spätholzprozent und jährlicher Flächenzuwachs der letzten 10jähr. Periode.
Tab. 143.

Kiefer Nr.	Flächenzuwachs qcm	Spätholz %	Kiefer Nr.	Flächenzuwachs qcm	Spätholz %	Kiefer Nr.	Flächenzuwachs qcm	Spätholz %	Kiefer Nr.	Flächenzuwachs qcm	Spätholz %	Kiefer Nr.	Flächenzuwachs qcm	Spätholz %
26	32,98	37	25	16,61	33	1	9,58	29	38	4,53	44	13	5,04	21
27	31,55	36	33	14,31	45	14	9,41	50	2	4,20	42	31	0,87	24
29	29,78	29	20	13.70	44	16	8,51	33	8	3,65	43	37	0,54	33
Mittel	**31,44**	**34**	30	13,23	32	19	8,09	42	17	3,63	51	15	0,48	28
			18	11,37	39	28	7,73	50	7	3,49	37	5	0,37	19
			23	11,04	30	35	6,84	47	3	3,38	53	Mittel	**1,46**	**25**
			34	10,52	45	6	5,76	31	22	2,41	47	Mittel exklus. Nr. 13	**0,57**	**26**
			32	10,33	47	44	5,59	31	9	2,00	44			
			Mittel	**12,64**	**39**	Mittel	**7,69**	**39**	4	1,73	41			
									36	1,46	51			
									24	1,01	42			
									Mittel	**2,86**	**45**			

In Tab. 143 habe ich die Kiefern auf 5 Rubriken verteilt; die erste enthält die Stämme mit einem jährlichen Flächenzuwachs von über 20 qcm in der letzten 10jährigen Periode, der jährliche Flächenzuwachs der zweiten Rubrik beträgt 10—20 qcm, der dritten 5—10 qcm, der vierten 1—5 qcm. Die fünfte Rubrik enthält jene Kiefern, welche wegen des Herabgehens ihrer Wachstumsintensität relativ zu niedrige Spätholzprozente aufweisen. Streng genommen würde Kiefer 13, entsprechend ihrer Gröfse des Flächenzuwachses der dritten Rubrik einzuordnen sein, da sie jedoch zu den Kiefern gehört, bei welchen die Reaktionsfähigkeit gegen Druck stark vermindert

ist, habe ich sie in die letzte Rubrik gestellt. Eine wesentliche Veränderung der Resultate entsteht hierdurch nicht.

Wie aus Tab. 143 ersichtlich, ist das Spätholzprozent bei jener Stammgruppe am gröſsten, deren jährlicher Flächenzuwachs im Durchschnitt 2,86 qcm beträgt. Das Spätholzprozent (im Mittel 45 %) geht nur in einem einzigen Falle unter 40 % herab. Im Vergleich zu dieser Gruppe zeigen die Stämme sowohl mit gröſserem als mit kleinerem Flächenzuwachs eine Verminderung des Spätholzprozentes. Bei den Stämmen mit stärkerem Wachstum sind die Differenzen des Spätholzprozentes sehr beträchtlich, doch folgt namentlich aus dem Verhalten der ersten Gruppe mit dem so auffallend groſsen Flächenzuwachs (im Mittel 31,44 qcm), daſs durchschnittlich die Stämme mit dem gröſsten Flächenzuwachs ein geringeres Spätholzprozent aufweisen. An der vortrefflichen Ernährung dieser Stammgruppe ist nicht zweifeln.

Die Hartigsche Anschauung ist demnach zu verwerfen, aber auch die Wielersche Anschauung trifft nicht zu, denn bei sehr ungünstiger Ernährung, wie sie durch die Kiefern der fünften Gruppe repräsentiert wird, geht die Bildung von Spätholz sogar am stärksten zurück.

In Tab. 144 sind die Kiefern nach der Höhe des Spätholzprozentes angeordnet, wie sich dies an den Scheiben in Brusthöhe in dem letzten Jahrzehnt ergiebt. Bei gleichem Spätholzprozent kann sowohl der Flächenzuwachs als die Ringbreite sehr verschieden sein. So beträgt bei 37 % Spätholz der jährliche Flächenzuwachs bei Nr. 7 nur 3,49 qcm, bei Nr. 26 dagegen 32,98 qcm, also beinahe das Zehnfache. Bei 44 % Spätholz schwankt die Ringbreite von 0,46 bis 1,52 mm, ist also um mehr als das dreifache verschieden.

Bilden wir unter Ausschluſs der schon oben erwähnten Stämme mit zu geringer Wachstumsenergie (Nr. 37, 15, 31, 13, 5) zwei Gruppen, von denen die erste die Stämme mit 40—53 % Spätholz, die zweite Stämme mit 29—39 % Spätholz umfaſst, so sehen wir, daſs im Durchschnitt dem höheren Spätholzprozent sowohl das geringere Flächenwachstum, als die geringere Jahresringbreite entspricht. Nur bei den niedersten Spätholzprozenten (3. Gruppe) findet man wiederum das beträchtliche Herabgehen der Ringbreite.

Wir gelangen demnach durch den Vergleich der Durchschnittswerte von Stämmen verschiedener Bestände zu demselben Resultat, wie bei der Betrachtung der einzelnen Bäume eines Bestandes, über die ich S. 342 ff. berichtet habe.

Bei den groſsen Differenzen des Spätholzprozentes der Kiefern desselben Bestandes wird es immer sehr schwierig sein einen Einfluſs verschiedener Standortsgüte nachzuweisen. Bei den bisherigen Untersuchungen hat man nur an die Einwirkung der besseren Ernährung gedacht, man hat jedoch nicht berücksichtigt, daſs die Bäume auf dem besseren Boden eine gröſsere Höhe erreichen, die mechanischen Ansprüche demnach gröſsere sind und schon deshalb die Qualität des Holzes eine bessere ist (vergl.

Spätholzprozent, jährlicher Flächenzuwachs und Ringbreite der letzten 10jährigen Periode.

Tab 144.

Kiefer Nr.	Spätholz %	Flächenzuwachs qcm	Ringbreite mm	Kiefer Nr.	Spätholz %	Flächenzuwachs qcm	Ringbreite mm	Kiefer Nr.	Spätholz %	Flächenzuwachs qcm	Ringbreite mm
3	53	3,38	0,82	18	39	11,37	1,21	37	33	0,54	0,23
36	51	1,46	0,53	7	37	3,49	0,84	15	28	0,48	0,10
17	51	3,63	0,75	26	37	32,98	2,40	31	24	0,87	0,10$_6$
28	50	7,73	1,00	27	36	31,55	2,23	13	21	5,04	0,52
14	50	9,41	1,13	16	33	8,51	1,26	5	19	0,37	0,13$_7$
22	47	2,41	0,52	25	33	16,61	1,10	Mittel		**1,46**	**0,22**
35	47	6,84	1,59	30	32	13,23	1,02				
32	47	10,33	0,96	44	31	5,59	1,32				
34	45	10,52	2,48	6	30	5,76	1,12				
33	45	14,31	2,28	23	30	11,04	3,18				
9	44	2,00	0,78	1	29	9,58	1,54				
38	44	4,53	0,46	29	29	29,78	3,55				
20	44	13,70	1,52	Mittel		**14,96**	**1,73**				
8	43	3,65	0,89								
24	42	1,01	0,81								
2	42	4,20	0,75								
19	42	8,09	0,72								
4	41	1,73	0,52								
Mittel		**6,41**	**1,09**								

S. 347). Untersucht man ältere Bäume auf verschieden gutem Boden, so hat man die frühere Verminderung der Wachstumsenergie auf den schlechten Böden zu berücksichtigen, man wird demnach bei dem Vergleich älterer Perioden das bessere Holz auf dem besseren Boden finden können, ohne jedoch hieraus zu dem Schlusse berechtigt zu sein, die Bildung von Spätholz sei von der Ernährung abhängig. Bei dem Vergleich jüngerer Perioden kann im Gegenteil das auf besserem Boden erwachsene Holz minderwertiger sein, indem die gröfsere Wachstumsenergie hier der Spätholzbildung entgegenwirkt und das Spätholzprozent herabdrückt. Eine analoge Wirkung haben wir bei verschiedener Assimilationsgröfse, wo im jüngeren Alter die besser assimilierenden Kiefern die geringeren Spätholzprozente aufwiesen, während bei weitgehender Unterdrückung das Spätholzprozent infolge Nahrungsmangel schon früher eine beträchtliche Verminderung aufwies (vergl. S. 317). Die bessere Bodenqualität und Wurzelausbildung kann direkt mit dem gröfseren Lichtgenufs und der gröfseren Blattfläche in Parallele gestellt werden.

Wenn nach R. Hartig[1]) für die Kiefer kaum ein Zweifel bestehen könne, dafs mit gröfserer Bodengüte auch bessere Holzqualität verbunden

[1]) R. Hartig, Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume 1888, S. 60.

sei, so ist dem gegenüber zu bemerken, daſs Hartig Kiefern verschiedener Wachstumsgebiete und verschiedener Höhenlagen verglichen hat, wodurch allein schon beträchtliche Unterschiede bedingt sein müssen. Ebensowenig hat Hartig das Verhältnis von Baumhöhe und Querschnittsfläche berücksichtigt. Das letztere gilt auch von den Angaben Schwappachs,[1]) der nur Kiefern desselben Wachstumsgebietes vergleicht. Wenn im Alter von 60—120 Jahren die IV. und V. Standortsklasse geringwertigeres Holz liefert als die I.—III. Standortsklasse, so ist hierbei die frühere Verminderung der Wachstumsenergie auf den schlechten Böden nicht genügend berücksichtigt, und trotz der angegebenen Zahlen könnten in jüngeren Perioden die geringeren Standortsklassen das bessere Holz produzieren.

Zur Beurteilung der Beziehungen zwischen Flächenzuwachs und Spätholzprozent an derselben Scheibe aber in aufeinanderfolgenden Perioden können wir die Tabellen 3—15 verwenden. Die Beobachtungen erstrecken sich auf die Kiefern Nr. 2, 4, 8, 9, 20, 22, 27, 29, 30, 31, 38. Läſst man die Perioden, welche weniger als 10 Jahre umfassen, weg und untersucht wie oft dem Fallen und Steigen des Flächenzuwachses ein Fallen und Steigen des Spätholzprozentes entspricht, so finden wir, daſs dies unter 180 Fällen nur 105 mal stattfindet. In 75 Fällen enspricht der Zunahme des Flächenzuwachses eine Abnahme des Spätholzprozentes oder der Abnahme der ersteren eine Zunahme des letzteren oder bei Veränderung des einen bleibt das andere gleich. Aus einer solchen Beobachtung mit nur 58 % Treffern läſst sich gewiſs nicht der Satz ableiten, daſs dem höheren Flächenzuwachs immer das höhere Spätholzprozent entspricht. Das geringe Überwiegen jener Fälle, wo die Veränderung des Spätholzprozentes gleichsinnig mit den Veränderungen des Flächenzuwachses verläuft, ist hauptsächlich bedingt durch das Verhalten der Jahresringe in den ersten Zuwachsperioden. In diesen nimmt das Spätholzprozent immer zu und ebenso der Flächenzuwachs. Diese Übereinstimmung genügt jedoch nicht, um daraus den Schluſs abzuleiten, daſs allgemein mit der Zunahme des Flächenzuwachses das Spätholzprozent erhöht wird oder wie sich Hartig[2]) ausdrückt, mit dem Wachsen und Sinken der Ernährung der Quantitäts- und Qualitätszuwachs steigt und fällt. Dagegen hat der Ausspruch Hartigs, daſs im höheren Alter fast stets einer Zunahme der Ringbreite, auch eine Zunahme der Qualität entspreche, insofern eine Berechtigung, als es sich um Kiefern handelt, welche in Verbindung mit weitgehender Verminderung der Wachstumsenergie, die Reaktionsfähigkeit gegen den Druckreiz verloren haben.

Schon früher wurde auf die Thatsache verwiesen, daſs die Wirkung der Flächenzuwachsvergröſserung auf die Höhe des Spätholzprozentes eine verschiedene ist, je nachdem, ob dieselbe durch eine Erhöhung des Druckes

---

[1]) A. Schwappach, Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume, I. die Kiefer. 1897, S. 27.

[2]) R. Hartig, Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume 1885, S. 40.

oder durch die Vergrößerung der Krone resp. die Steigerung der Ernährung bewirkt ist.

Die absolute Größe der Spätholzflächen wird, wie aus Tab. 142 ersichtlich ist, durch eine beträchtliche Zunahme des Flächenwachstums allerdings gesteigert, die Verschiedenheit des Spätholzprozentes zeigt aber, daß diese Steigerung nicht in einem bestimmten Verhältnis zu der Größe des Flächenwachstums steht, so daß, wie z. B. der Vergleich der Kiefern 2 und 3 lehrt, trotz größerem Flächenzuwachs eine gleiche Spätholzfläche gebildet werden kann, wenn die Differenzen des Flächenzuwachses nicht allzu beträchtlich sind.

Fünfzehntes Kapitel.

Wassergehalt, Transpiration und Spätholzbildung.

Von mehreren Autoren wird dem verschiedenen Wassergehalt des Baumes resp. der Kambial- und Jungholzregion oder der Rinde eine sehr große Bedeutung für die Bildung des Spätholzes zugeschrieben, ja zum Teil wird derselbe als die wesentliche oder sogar alleinige Ursache der Spätholzbildung angesehen.

Dabei kann man zwei Tendenzen unterscheiden. Die Untersuchungen von Wieler und Lutz sind darauf gerichtet, einen direkten Einfluß des Wassergehaltes auf die Spätholzbildung nachzuweisen, in dem Sinne, daß bei großem Wassergehalt Frühholz, bei geringem Wassergehalt Spätholz gebildet wird. Es ist dabei nebensächlich, ob man den Wassergehalt des Kambiums allein oder der Jungholzregion und der Rinde als maßgebend ansieht. Bei G. Haberlandt, R. Hartig und Strasburger handelt es sich mehr um einen indirekten Einfluß, indem das Bedürfnis an Wasserbahnen entsprechend der Transpirationsgröße für die Ausbildung des Frühholzes und somit auch für das Verhältnis zwischen Frühholz und Spätholz maßgebend sein soll.

Wenden wir uns zuerst der direkten Einwirkung des Wassergehaltes auf die Spätholzbildung zu. Unter der Voraussetzung, der größere Wassergehalt verursache die Bildung von Frühholz, der geringere Wassergehalt die Bildung von Spätholz, müßte erstens der Wassergehalt während der Frühholzproduktion dauernd wesentlich höher sein als zur Zeit der Spätholzproduktion, zweitens müßte in vielen Fällen dem schroffen Übergang vom Frühholz zum Spätholz entsprechend eine plötzliche und dauernde Veränderung des Wassergehaltes nur einmal im Laufe einer Zuwachsperiode auftreten.

Wieler giebt an, daß der Wassergehalt des Kambiums der Kiefer von 90,88 % zur Zeit der Frühholzbildung auf 87,18 % zur Zeit der Herbstholzbildung sank. Da die Versuche jedoch nur an 2 Kiefern angestellt wurden, mißt Wieler selbst diesen Versuchen keine Beweiskraft zu. Der Äußerung Wielers,[1]) daß gegenwärtig die Frage unentscheidbar sei, ob bei der Kiefer schon eine Verminderung des Wassergehaltes um 3,5 % ge-

---

[1]) A. Wieler, Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. Tharandter forstl. Jahrbuch. Bd. 42, S. 79 des Separatabzugs.

nügt, um eine wesentliche Verringerung der Streckung der Tracheiden herbeizuführen, kann ich nicht beistimmen, da wir wissen, daſs sehr beträchtliche Schwankungen des Wassergehaltes im Holzkörper nicht nur während längerer Perioden, sondern auch täglich vorhanden sind, ohne die Frühholzbildung aufzuheben.

Beweis hierfür sind die Angaben R. Hartigs,[1]) welcher während der Frühholzbildung im Splint der Kiefer sehr abweichende Wassermengen fand. So waren z. B. bei 7,7 m Baumhöhe in 100 Raumteilen Holz am 19. Mai 1881 nur 45,4 Teile Wasser, am 9. Juli 1881 dagegen 61,2 Teile Wasser enthalten. Zu beiden Terminen wurde aber sicherlich nur Frühholz gebildet. Ferner kommen hierfür die Untersuchungen von G. Kraus, P. Kaiser und J. Friedrich über die täglichen Veränderungen der Dickendimensionen unserer Baumstämme in Betracht, welche, zum gröſsten Teil von den Veränderungen des Wassergehaltes im Holzkörper herrühren. Speziell sei noch auf die späteren Untersuchungen von J. Friedrich[2]) verwiesen, welche zeigen, daſs der Holzkörper auch ohne Rinde analoge Schwankungen aufweist.

Wenn nun schon der Splint und der ganze Holzkörper beträchtliche Differenzen im Wassergehalt aufweisen, müssen dieselben noch bedeutender in den äuſsersten Jahresringen sein, welche dem Wassertransport in erster Linie dienen und durch zeitweilig stark vermehrte Transpiration wasserärmer gemacht werden können als die inneren Splintteile. Auch hat A. Cieslar[3]) in den jüngsten Jahresringen beträchtliche Wassergehaltsdifferenzen direkt nachgewiesen, indem er geeignete Holzstücke und Bohrspäne zu verschiedenen Tageszeiten dem Stamme entnahm. Die Frühholzbildung oder Spätholzbildung wird durch diese Schwankungen jedoch nicht alteriert.

Würde der Wassergehalt der Kiefer einen direkten Einfluſs auf die Spätholzbildung besitzen, so müſsten sich doch länger dauernde Trocken- oder Feuchtigkeitsperioden in einer vorübergehenden Ausbildung von Spätholz geltend machen.

Bei älteren Bäumen ist dies zweifellos nicht der Fall. Namentlich auf sehr trockenem Boden (Kiefern Nr. 1—5, 6—9) hätten schon kürzere Perioden verschiedener Luft- und Bodenfeuchtigkeit in ihrer Wirkung deutlich hervortreten müssen, was jedoch nicht geschah. Man könnte nun einwenden, daſs bei älteren Bäumen sich solche Perioden nicht ausprägen, weil die Bewurzelung eine tiefere und umfangreichere ist und zugleich in dem breiteren Splint ein Wasserreservoir gegeben ist, welches die durch die verschiedene Bodenfeuchtigkeit hervorgerufenen Wasserdifferenzen ausgleicht. Dem widerspricht jedoch der schroffe Übergang vom Frühholz zum Spätholz, den wir regelmäſsig finden, sobald die Ringe schmäler sind.

---

[1]) R. Hartig, Über die Verteilung der organischen Substanz etc. Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut zu München, 1882, Bd. II, S. 43.

[2]) J. Friedrich: Centralblatt f. d. ges. Forstwesen, 1897, S. 492.

[3]) J. Friedrich: Über den Einfluſs der Witterung auf den Baumzuwachs. Mitteilungen aus dem Forstl. Versuchswesen Österreichs, der ganzen Folge, XXII. Heft, 1897, S. 149.

Nach jenen Anschauungen, welche die Spätholzbildung auf Wasserdifferenzen zurückführen wollen, müſste eine plötzliche Veränderung des Wassergehaltes eintreten, um einen solchen unvermittelten Übergang zu erklären Lutz[1]) nimmt dies allerdings an, aber er beweist nicht, daſs beim Eintritt der Spätholzbildung eine plötzliche Wasserverminderung vorhanden ist, er schlieſst vielmehr umgekehrt aus dem unvermittelten Auftreten der Spätholzzone auf eine plötzliche Abnahme des Wassergehaltes.

Würde eine unvermittelt eintretende Veränderung des Wassergehaltes die Ursache der Spätholzbildung sein, so müſste sich dieselbe doch im ganzen Stamme geltend machen, wir sehen aber, daſs in der Regel die schmaleren Ringe des unteren Teiles schärfer abgesetzte Spätholzzonen haben als die breiteren Ringe der oberen Stammteile, es herrscht demnach keine Gleichmäſsigkeit. Ebenso kann an den einzelnen Seiten einer exzentrisch gewachsenen Scheibe die Spätholzzone sehr verschieden scharf abgesetzt sein (vergl. Kiefer 39 S. 273). Bei obiger Annahme wäre auch nicht zu erklären, warum die jüngeren Ringe immer eine weniger scharf abgesetzte Spätholzzone besitzen als die älteren Ringe.

Gegen eine plötzliche Abnahme der Feuchtigkeit als Ursache der Spätholzbildung spricht auch die Thatsache, daſs unter gleichen sonstigen Verhältnissen die Ringe der auf dauernd sehr nassem Boden wachsenden Kiefern ganz in derselben Weise scharf abgesetzte Spätholzzonen haben, als die Kiefern auf sehr trockenem Boden, wo doch viel leichter der Wassergehalt unter ein gewisses Minimum sinken kann.

An eine plötzliche Abnahme des Wassergehalts durch eine Steigerung der Transpiration, etwa infolge der Teilnahme der neuen Nadeln an derselben ist nicht zu denken, da sich die Triebe der Kiefern auſserordentlich langsam entwickeln und die Verdunstungsgröſse durch den Hinzutritt der Nadeln nur sehr allmählich erhöht werden kann. Auſserdem zeigte die von R. Hartig untersuchte Kiefer gerade am 9. Juli, also unmittelbar vor Beginn der Spätholzbildung ein Maximum des Wassergehaltes.

Bei jüngeren Pflanzen hat Lutz[2]) versucht einen Zusammenhang zwischen den Perioden verschiedener Feuchtigkeit und der Bildung von Frühholz und Spätholz nachzuweisen. Die verschiedenen Zonen, welche Lutz an einem Querschnitt aus dem unteren Teil des Stämmchens einer Kiefer fand, sollten dem mehrmaligen Wechsel von Trockenperioden und Regenzeiten entsprechen. Diese Angabe von Lutz ist nicht beweiskräftig. Zunächst handelt es sich nur um einen Querschnitt, während doch hätte gezeigt werden müssen, daſs die gleichen Differenzen in allen Teilen des Stämmchens vorkommen, ferner ist nicht nachgewiesen, daſs diese Zonen kleinerer Zellen im ganzen Umfange des Jahresringes auftraten. Ganz speziell aber fehlt eine Angabe darüber, daſs die als Herbstholz bezeichneten

---

[1]) K. G. Lutz, Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Beiträge zur wissenschaftl. Botanik von Fünfstück, Bd. I, 1895, S. 57.

[2]) l. c. S. 43.

Zonen wirklich Herbstholz waren und nicht nur kleinzelligere Zonen im Frühholze. Lutz verfällt demselben Fehler, den Wieler macht, indem er alle kleinzelligen Tracheiden, gleichgiltig, ob sie verdickt sind oder nicht, einfach als Herbstholz bezeichnet und nun aus dem Auftreten radial wenig gestreckter Zellen Schlüsse auf die Bildung typischen Spätholzes zieht.

So fand Wieler an 3jährigen Kiefern, die er Ende April aus dem freien Lande in entsprechende Töpfe verpflanzte, bis zum 3. Juli Tracheiden, die in radialer Richtung bedeutend hinter den normalen Streckungsverhältnissen zurückgeblieben waren. Wieler sagt von diesen Tracheiden: „Dieselben lassen, verglichen mit dem Frühlingsholz des vorhergehenden Jahres, deutlich die Herbstholznatur erkennen. Freilich fehlt die sonst für das Herbstholz von Pinus typische Wandverdickung. Dies Herbstholz ist also mitten im Sommer gebildet worden bis zum 3. Juli, also zu einer Zeit, zu welcher normalerweise die Bildung von Herbstholz noch nicht einmal beginnt.“ Während Wieler also zunächst nur von der Herbstholznatur spricht, werden im nächsten Satze diese kleinzelligen Tracheiden einfach als Herbstholz bezeichnet. An einem zweiten Exemplar, das am 3. Juli wieder ins Freie verpflanzt wurde und dort besser gedeihen konnte, wurden dann auch wieder gröſsere Zellen gebildet, die von Wieler als Frühlingstracheiden bezeichnet werden.

An so jugendlichen Ringen, wie die 3jährigen Pflanzen Wielers sie darboten, ist die Ausbildung typischen Spätholzes überhaupt sehr unvollständig (vergl. S. 267), es sind demnach solche jungen Pflanzen sehr wenig geeignet, um die Bedingungen der Spätholzbildung an ihnen zu studieren.

Zu falschen Schlüssen haben auch die in dünneren Sproſsachsen auftretenden Zonen kleinzelligerer, eventuell auch verdickter Tracheiden geführt, die mit Zonen gröſserer oder weniger verdickter Zellen abwechseln und welche ich als Druckzonen bezeichnet habe.

Bei dickeren Stammteilen sehen wir niemals zu Beginn der Wachstumsperiode Spätholz und im weiteren Verlaufe Frühholz gebildet, was doch wohl eintreten müſste, wenn Wasserdifferenzen im Stamm die Ursache der Spätholzbildung wären. An dünneren Sproſsachsen, auch wenn sie älter sind, können wir, sobald ein stärkerer einseitiger Druck auf die Holzzellen wirkt, entweder schon zu Beginn des Wachstums oder im weiteren Verlauf desselben die Bildung von mehr oder weniger dickwandigen Druckzonen beobachten, die unter Umständen die volle Jahresringbreite, jedoch immer nur einen Teil des Jahresringumfangs einnehmen. In anderen Fällen ist an der Druckseite auch nur das Spätholzprozent erhöht, ohne daſs getrennte Zonen zur Ausbildung gelangen. Diese Erscheinung finden wir namentlich an der Unterseite der Äste, wo durch den einseitigen Druck die Bildung dickwandiger Elemente gefördert wird. Wassermangel kann die Ursache der Wandverdickung dieser eventuell auch kleiner bleibenden Zellen nicht sein, da sich dieselbe gleichmäſsig im ganzen Jahresringe geltend machen müſste, was aber niemals vorkommt (S. 268). Gegen eine Verminderung der Wassermenge an der Druckseite, an welcher dickwandigere

und eventuell auch kleinere Zellen gebildet werden, spricht, dafs diese Seite stärker wächst als die entgegengesetzte. Wassermangel würde eine solche Steigerung des Dickenwachstums gewifs hintanhalten, also kann auch die erhöhte Spätholzbildung resp. die Bildung von Druckzonen nicht durch den Wassermangel verursacht sein.

Bei dem Auftreten von Druckzonen in jüngeren Pflanzen könnte man eventuell an eine ungenügende einseitige Ausbildung des Wurzelsystems denken, doch mufs diese Annahme verworfen werden, da schon innerhalb desselben Jahresringes sehr häufig eine Verschiebung in der Richtung dieser Druckzonen eintritt. Aufserdem treten solche einseitige Veränderungen auch an den Spitzentrieben des Hauptstammes sowie an den dünneren Seitenästen älterer Bäume auf, während im Hauptstamm an den dickeren Querschnitten der Jahresring normal ausgebildet ist. Ein jahrelang fortgesetzter, nur lokal an bestimmten Stellen auftretender Wassermangel wäre hierfür eine doch zu absurde Erklärung.

Aus alle dem, was wir über die Schwankungen des Wassergehaltes wissen, geht hervor, dafs der verschiedene Wassergehalt nicht die Ursache der Spätholzbildung sein kann.

Ebenso dürfte es sehr schwer werden, das ungleiche Spätholzprozent bei verschiedener Stammhöhe durch Differenzen im Wassergehalt zu erklären. Bei Kiefern, welche ein nach oben vermindertes Flächenwachstum aufweisen, könnte man vielleicht an die Einengung des Wasserstromes in den oberen Stammteilen denken, wodurch der Wassergehalt in diesen ein relativ gröfserer würde und somit die Bildung von Frühholz gefördert werden könnte. Wir finden aber auch bei annähernd gleichem oder sogar nach oben steigendem Flächenzuwachs dieselbe Abnahme des Spätholzprozentes in der Richtung von unten nach oben. In diesem Falle dürfte selbst bei Abnahme des gesamten Splintquerschnittes eine Einengung des Wasserstromes nicht eintreten, da ja der relativ gröfsere Frühholzgehalt der oberen Stammteile in den vorausgehenden Zuwachsperioden zur Erweiterung der Wasserleitungsbahnen beiträgt.

Wenn ich den verschiedenen Wassergehalt als Ursache der Spätholzbildung verwerfe, so soll hiermit nicht geleugnet werden, dafs die durchschnittliche Gröfse der Wasserzufuhr auf die Gröfse des Zuwachses und auf die radiale Streckung der Tracheiden von Einflufs sein kann. Wie ich im 4. Kapitel gezeigt habe, ist für den Zuwachs eines Jahres die Regenmenge der Monate Mai bis Juli von Wichtigkeit, also die Feuchtigkeit zur Zeit der Frühholzbildung. Daraus geht hervor, dafs die Wachstumsenergie durch eine erhöhte Feuchtigkeit in diesen Monaten gesteigert werden kann, wobei einerseits die Zahl der Zellteilungen, andererseits die Gröfse der Zellen eine Förderung erfährt. Auf den letzteren Punkt ist speziell noch S. 265 hingewiesen. An der auf trockenem Boden wachsenden Kiefer sind die Zellen in dem sehr feuchten Jahre 1891 nicht unwesentlich gröfser als in dem trockenen Jahre 1893. Es würde dies dem S. 357 angeführten Wielerschen Experimente entsprechen.

Die erhöhte Wasserzufuhr in den ersten Phasen der jährlichen Wachstumsperiode bewirkt demnach eine Steigerung der Frühholzproduktion. Es handelt sich dabei um eine Erhöhung der Wachstumsenergie, wie sie auch durch andere Faktoren, z. B. vermehrten Lichtzutritt hergeführt werden kann.

Fällt die Erhöhung der Wachstumsenergie durch die Vermehrung der Niederschlagsmenge in die Zeit der Spätholzbildung, so erfährt die Spätholzbildung in gleicher Weise wie die Frühholzbildung eine Förderung. Wir sehen dies aus der günstigen Wirkung (vergl. S. 325), welche die Vermehrung der Feuchtigkeit im August auf die Spätholzbildung ausübt. Die niedrigen Spätholzprozente fielen mit einer geringen Niederschlagsmenge im August zusammen, während bei einer gröſseren Regenmenge in diesem Monate die Dauer der Spätholzbildung verlängert und somit das Spätholzprozent erhöht wird.

Bei diesem Zusammenhange kann es vorkommen, daſs Jahre groſser Trockenheit im Frühjahr und in den Sommermonaten, wie das Jahr 1893, nur ein niedriges Spätholzprozent aufweisen. Würde der verschiedene Wassergehalt direkt die Spätholzbildung verursachen, so müſsten solche Jahre wie 1893 immer ein sehr hohes Spätholzprozent aufweisen, da bei der gröſseren Trockenheit früher jener Zustand geringeren Wassergehaltes erreicht werden müſste, der die Spätholzbildung veranlaſst, es müſste die Spätholzbildung besonders auf trockenem Boden relativ viel früher beginnen und dadurch das Spätholzprozent erhöht werden, was jedoch, wie das Jahr 1893 zeigt, nicht stattfindet.

Rührt die Erhöhung der Wachstumsenergie nicht von der Steigerung der Druckwirkung her, sondern von günstigeren Ernährungsfaktoren (Kap. 14), so kann dieselbe der Spätholzbildung entgegenwirken. Zu diesen Ernährungsfaktoren gehört aber auch die Wasserversorgung des Baumes, es kann uns daher nicht überraschen, daſs zu Beginn der Spätholzbildung durch Steigerung der Wasserzufuhr die Spätholzbildung gehemmt und eventuell aufgehoben wird. In dem von mir untersuchten Zeitraum ist dies nur bei dem Jahre 1883 der Fall. An einer gröſseren Anzahl von Bäumen verschiedener Bestände tritt kurz nach Beginn der Spätholzbildung eine Zone gröſserer Zellen auf, die entweder stärker verdickt oder den Frühholzzellen mehr oder weniger gleich sind. Wie S. 274 gezeigt wurde, handelt es sich hier um die Wirkung der im Juli nach vorausgegangener Trockenheit aufgetretenen Feuchtigkeitsperiode. Da es sich um die Wechselwirkung zweier in ihrer Gröſse variablen Faktoren handelt, der Wachstumsenergie einerseits, der Druckgröſse andererseits und zudem noch die betreffende Regenperiode je nach der Beschaffenheit des Bodens einen verschiedenen Erfolg haben muſste, ist es begreiflich, daſs die Erscheinung nicht immer mit derselben Deutlichkeit hervortrat, doch war der Jahresring 1883 zumeist an dieser groſszelligen Schicht in der Spätholzzone zu erkennen.

Auch innerhalb der Druckzonen dünnerer Sproſsachsen können wahrscheinlich solche Zonen gröſserer oder weniger verdickter Zellen durch eine Steigerung der Wasserzufuhr entstehen, es dürfte jedoch nach der Beob-

achtung fertiger Zustände schwer sein zu entscheiden, ob es sich um eine Veränderung der Wasserzufuhr oder der Druckverhältnisse handelt.

Wenn demnach die verschiedene Wasserversorgung ebenso wie andere Faktoren in die Wachstumsvorgänge eingreift, darf man hieraus doch nicht den Schlufs ziehen, dafs der Wassergehalt als Ursache der Spätholzbildung anzusehen ist.

Wenden wir uns nun zu den Beziehungen zwischen Transpirationsgröfse und Ausbildung der Holzzellen.

Es wurde schon früher darauf hingewiesen (S. 240), dafs die zwischen der Transpirationsgröfse und der Ausbildung von Leitungsgewebe angenommenen Beziehungen mehr einen teleologischen Charakter besitzen. Eine Reizwirkung der Transpirationsgröfse ist nicht nachgewiesen und ebenso sind die Versuche Hartigs, die Anpassung der Leitungsbahnen an den Wasserbedarf durch die Einwirkung der Temperatur zu erklären, als mifsglückt zu betrachten (vergl. 13. Kap. S. 331 ff.).

Thatsächlich besteht eine für die Wasserversorgung vorteilhafte und der Transpirationsgröfse entsprechende Ausbildung des als Leitungsgewebe funktionierenden Frühholzes. Um dies nachzuweisen, scheinen mir die mit verschiedenen umfangreichen Kronen versehenen Stämme desselben Bestandes geeigneter zu sein als die Betrachtung desselben Stammes in verschiedener Höhe. Wie aus Tabelle 142 und den daran geknüpften Auseinandersetzungen hervorgeht, weisen jene Stämme, welche gröfsere Krone besitzen, ein geringeres Spätholzprozent auf, d. h. das Frühholz nimmt einen relativ gröfseren Raum ein. Ebenso nimmt die absolute Gröfse der Frühholzfläche mit der Gröfse der Krone zu und da der Umfang der Krone innerhalb gewisser Grenzen für die Transpiration mafsgebend ist, können wir auch sagen, dafs die absolute Gröfse der Frühholzfläche mit der Transpiration steigt. Das Spätholzprozent fällt je gröfser die Transpiration ist, davon machen jedoch unterdrückte Stämme eine Ausnahme, indem hier trotz der geringen Transpiration relativ viel dünnwandige, leitungsfähige Tracheiden gebildet werden. Wie wir früher gezeigt haben, reichen in diesen Fällen die vorhandenen Nahrungsstoffe nicht aus, um die normale Reaktionsfähigkeit der Pflanze auf Druck herzustellen, welche sich in der Bildung dickwandiger Spättracheiden äufsert.

Was das Verhältnis zwischen Frühholz und Spätholz bei verschiedener Stammhöhe anbelangt, so erscheint es bei oberflächlicher Betrachtung sehr zweckmäfsig zu sein, dafs die Leitungsbahnen in den oberen Stammteilen in demselben Mafse zunehmen als der Holzkörper sich nach oben verjüngt. Eine vollständige Anpassung an das Bedürfnis für gleiche Leitungsbahnen wäre erreicht, wenn die Leitungsbahnen im Stamme bis zum Ansatz der Krone, solange eine nenneswerte Abgabe von Wasser nicht stattfindet, gleich wären. R. Hartig[1]) nimmt dies allerdings an, seine Annahme trifft

[1]) R. Hartig, Untersuchungen über die Entstehung und die Eigenschaften des Eichenholzes. Forstl. naturw. Zeitschrift, 1894, S. 177.

jedoch nicht zu. So tritt überall (vergl. Tab. 74—78) bei dem Übergange der Scheibe in 0,2—0,3 m Höhe zu der Scheibe auf Brusthöhe eine beträchtliche Verkleinerung der leitenden Fläche resp. der Frühholzfläche ein. Bei Kiefer 32 (Tab. 76) nimmt die Frühholzfläche sogar noch weiter bis zu 5,5 m Stammhöhe ab, unter geringeren Schwankungen bis zum Kronenansatz gleich bleibend, fällt dieselbe innerhalb der Krone konstant. Bei Kiefer 14 (Tab. 74) vergröfsert sich die Frühholzfläche von der Scheibe III (3,4 m Höhe) bis zur Scheibe VIII (14,3 m Höhe) beträchtlich, es findet demnach innerhalb des astfreien Schaftes eine Vergröfserung der Leitungsbahnen statt, die vom Nützlichkeitsstandpunkte aus als überflüssig zu betrachten ist. Bei Kiefer 34 (Tab. 77) findet bis zum Kronenansatz zunächst eine Verkleinerung, sodann eine Vergröfserung der leitenden Fläche statt, innerhalb der Krone (der erste lebende Ast war bei 9,2 m Höhe angesetzt) findet nur eine verhältnismäfsig geringe Abnahme der leitenden Fläche statt, obgleich die zu befördernde Wassermenge durch die Äste eine Ableitung erfährt. Auch bei den Kiefern Nr. 15 (Tab. 75) und Nr. 3 (Tab. 78) nimmt die leitende Fläche von der Höhe bei 1,3 m aus bis zum Kronenansatz zu.

Ein Gleichbleiben des Querschnittes des leitenden Gewebes innerhalb derselben Jahresringe besteht demnach nicht.

Da man glauben könnte, dafs die Gröfse der gebildeten Frühholzfläche mit der Gröfse des Splintes in Zusammenhang steht, habe ich für eine gröfsere Anzahl von Stämmen auch die Splintflächen gemessen und deren Verhältnis zur Gesamtfläche der einzelnen Scheiben berechnet (Tab. 145). Wie wir aus dieser Tabelle ersehen, nimmt die Splintfläche konstant von unten nach oben hin ab. Die Abnahme des gesamten leitungsfähigen Holzkörpers wird in zweckmäfsiger Weise durch Erhöhung des Frühholzanteils mehr oder weniger ausgeglichen. Würde nun eine bestimmte Beziehung zwischen der zu bildenden Frühholzfläche bestehen, müfste die absolute Gröfse der Frühholzfläche in der Richtung von unten nach oben konstant zunehmen. Dies ist aber, wie die Tabellen 74—78 zeigen, nicht der Fall. Unter den in diesen Tabellen enthaltenen fünf Stämmen zeigen drei (Nr. 34, 32, 14) bis zur III. Scheibe eine Abnahme der Frühholzfläche obgleich auch bei diesen Kiefern (Tab. 145) der Splint bei den gleichen Scheiben eine wesentliche Abnahme erfährt und auch bei den übrigen Stämmen hat die unterste Scheibe eine relativ viel zu grofse Frühholzfläche.

Die Tabelle 145 zeigt uns ferner, dafs die absolute Gröfse des Splintes bei den Kiefern mit umfangreicherer Krone höher ist als bei geringer Kronenausbildung. Je gröfser die Fläche der Scheibe und je gröfser der Gesamtzuwachs, um so gröfser ist auch die Splintfläche. Vergleichbar sind die Stämme 1—5, 6—9, 33—37, 14—15, welche nach der Gröfse ihrer Krone angeordnet sind. Die Stämme 32 und 13 sind zwar gleich alt und gehören demselben Jagen an, Nr. 32 wächst auf feuchtem, Nr. 13 auf trocknem Boden. Kiefer Nr. 29 hatte eine sehr umfangreiche Krone und zugleich auch eine grofse Splintfläche.

Tab. 145. Gröfse der Splintfläche verschiedener Kiefern.

Scheibe	Fläche Scheibe qcm	Fläche Splint qcm	Splint %	Fläche Scheibe qcm	Fläche Splint qcm	Splint %	Fläche Scheibe qcm	Fläche Splint qcm	Splint %	Fläche Scheibe qcm	Fläche Splint qcm	Splint %	Fläche Scheibe qcm	Fläche Splint qcm	Splint %
	Kiefer 1			2			3			4			5		
I	475,3	404,4	85	329,7	309,7	94	176,7	151,6	86	153,5	136,5	89	74,7	65,6	88
II	359,6	285,7	79	268,6	227,3	84	153,5	127,5	83	99,0	83,4	84	60,5	50,9	84
III	284,7	237,5	84	245,3	212,1	86	128,7	102,3	80	73,4	58,2	79	41,9	37,7	90
IV	265,3	237,0	89	222,1	185,8	84	109,7	96,2	88	58,1	49,3	85	31,5	31,5	100
V	199,0	184,8	93	173,7	147,8	85	86,6	76,7	89	39,7	36,6	92			
VI	122,3	122,3	100	108,1	106,6	99	65,0	63,9	98	21,4	20,6	96			
VII				37,2	37,2	100	50,0	49,4	99	14,9	14,9	100			
	Kiefer 6			7			8			9					
I	309,5	287,4	93	199,8	176,9	88	189,5	171,4	90	81,6	78,8	97			
II	239,2	199,0	83	156,7	131,2	84	152,4	135,9	89	62,2	57,1	92			
III	213,8	174,2	82	134,2	109,6	82	137,4	125,6	91	57,2	53,6	94			
IV	183,2	156,3	85	112,6	99,7	89	115,0	107,5	93	42,1	39,6	94			
V	143,1	121,9	85	80,1	73,0	91	92,6	89,5	97	32,5	32,5	100			
VI	91,2	86,5	95	54,4	51,7	95	67,2	67,2	100						
VII	27,7	27,7	100	13,5	13,5	100									
	Kiefer 33			34			35			36			37		
I	507,9	394,8	78	295,6	258,7	88	257,3	241,0	94	88,2	66,6	76	65,8	62,5	95
II	424,6	313,4	74	221,0	190,3	86	193,0	176,7	92	66,5	53,0	80	46,4	44,7	96
III	344,7	250,5	73	197,3	167,1	85	172,0	159,4	93	50,3	42,8	85	26,6	26,6	100
IV	300,2	228,6	76	175,9	153,8	87	126,7	116,5	92	43,6	41,5	95			
V	196,4	183,8	94	156,0	146,9	94	79,6	79,6	100	—	—	—			
VI	10,5	10,5	100	119,2	116,7	98				21,9	21,9	100			
VII				69	69	100									
	Kiefer 32			13			14			15			29		
I	1435,4	1173,8	82	—	—	—	770,9	653,0	85	244,0	198,6	81	1133,5	879,0	77
II	978,7	643,8	66	738,8	432,4	58	606,1	488,2	81	184,5	137,9	75	762,6	535,6	70
III	815,3	480,4	59	615,8	332,3	54	540,4	397,3	74	166,3	121,5	73	659,2	509,6	77
IV	669,6	392,0	59	505,5	278,5	55	501,9	361,9	72	149,1	113,8	76	201,6	194,3	96
V	556,6	318,7	57	375,7	248,0	66	472,6	339,9	72	125,2	94,0	75	31,6	31,6	100
VI	439,3	260,2	59	253,7	180,6	71	404,7	297,2	74	96,8	79,5	82			
VII	405,6	251,7	62	168,6	130,1	77	341,4	270,5	79	78,5	69,7	89			
VIII	288,3	223,3	78	22,3	21,0	90	301,0	266,3	89	57,8	54,8	95			
IX	198,8	170,1	86				186,9	182,4	97	45,7	45,2	99			
X	95,4	90,3	95				122,8	122,8	100	15,1	15,1	100			
XI	41,0	39,7	97												
XII	13,6	13,6	100												

Wenn nun auch nicht der ganze Splint gleichmäfsig an der Wasserleitung beteiligt ist, sondern die äufseren Splintschichten wohl in erster Linie hierzu dienen, so mag doch die Vergröfserung der Splintfläche bei umfangreicherer Kronenausbildung resp. bei gröfserer Transpiration eine für die Wasserversorgung nützliche Erscheinung sein. Von welchen Faktoren der Eintritt der Verkernung verursacht ist und somit die Gröfse des Splintes bestimmt wird, habe ich nicht untersucht, doch scheinen die durch die Gröfse der Krone beeinflufsten Ernährungsverhältnisse dabei eine Rolle zu spielen, indem bei besserer Ernährung eine gröfsere Querschnittsfläche im Splintzustande erhalten wird. Auffallend ist das Zurückbleiben der Kernbildung in den untersten zum Teil auch in den nächsten Scheiben und die damit verbundene relativ gröfsere Erhaltung des Splintes, welche Erscheinung in dem Prozentverhältnis zwischen Scheibenfläche und Splintfläche zum Ausdruck kommt (Tab. 145). Sehr häufig ist die Kernfläche der Scheibe I kleiner oder gleich grofs als die der Scheibe II, obgleich die Gesamtfläche der Scheibe I immer gröfser ist. Wodurch diese Erscheinung bedingt ist, kann ich nicht entscheiden.

Aus dem Gesagten folgt, dafs die Querschnittsgröfse des leitenden Gewebes den Bedürfnissen der Transpiration und Wasserleitung nicht genau entspricht, wenn auch im grofsen und ganzen die Ausbildung der leitenden Gewebe in einer diesen Funktionen vorteilhaften Quantität erfolgt. Eine genauere Anpassung scheint mir auch für das Leben des Baumes ohne Bedeutung zu sein, da die gleiche Wassermenge auch durch einen geringeren Querschnitt gelangen kann, wenn die Geschwindigkeit des Wasserstromes eine gröfsere ist. Aufserdem würde für die Wasserversorgung der Krone kein Nachteil entstehen, wenn die Leitung des Wassers entsprechend der Gröfse des leitenden Querschnittes im Stamm eine ungleich schnelle wäre. Die beim Wasserverbrauch sich abspielenden Vorgänge können sehr wahrscheinlich regulierend in die Geschwindigkeit des Wasserstromes eingreifen, wobei ein bestimmtes Verhältnis zwischen der Gröfse der Leitungsbahnen und der Transpirationsgröfse überflüssig erscheint.

Die Annahme einer Einwirkung der Transpirationsgröfse auf die Ausbildung des leitenden Gewebes führt zu Konsequenzen, welche den Thatsachen nicht entsprechen.

Sollte die Gröfse der Transpiration für die Bildung des Leitungsgewebes mafsgebend sein, so könnte dies doch nur dadurch vermittelt werden, dafs infolge der gröfseren Transpiration im Stamme resp. in der Kambialregion durchschnittlich entweder eine gröfsere oder eine geringere Wassermenge vorhanden wäre und diese Differenzen für das Wachstum und die weitere Ausbildung der Zellen ausschlaggebend wären.

Durch Wassermangel wird das Wachstum gehemmt, wie der geringe Zuwachs auf sehr trockenem Boden zeigt. Da nun bei grofser Transpiration eine Steigerung des Zuwachses erfolgt, werden wir von vornherein die Ansicht verwerfen müssen, dafs durch die erhöhte Transpiration in der Kambial- und Jungholzzone eine durchschnittliche Verminderung des Wasser-

gehaltes herbeigeführt wird. Ebensowenig ist an eine Reizwirkung zu denken, bei welcher der Zustand geringeren Wassergehaltes eine Vermehrung des Wachstums anregen würde. Die Schwankungen des Wassergehaltes können ebenfalls nicht als Reiz in Betracht kommen, da sich dieselben doch in gleicher Weise in den verschiedenen Höhen des Stammes geltend machen müſsten und hierdurch eine Erklärung des je nach der Stammhöhe verschiedenen Verhältnisses zwischen Frühholz und Spätholz nicht möglich ist.

Es bleibt demnach die Annahme übrig, daſs bei erhöhter Transpiration der Wassergehalt in der Kambialregion ein gröſserer ist und hierdurch einerseits die Vergröſserung der Zellen, andererseits eine Vermehrung der Zellteilungen erreicht wird. Eine solche Erhöhung des Wassergehaltes ist aber durch die Vermehrung der Transpiration selbst nicht zu erzielen. Nur indirekt kann die Steigerung der Transpiration auf die Vergröſserung des Wurzelsystems hinwirken und durch die Vermehrung der Aufnahmsorgane auch ein Zustand gröſseren Wassergehaltes in dem Stamme hervorgerufen werden. Hierzu ist aber die Mitwirkung anderer Faktoren wie das Vorhandensein einer gröſseren Menge plastischen Materials notwendig, wir können also nicht von einer alleinigen Wirkung der Transpiration reden.

Vergleichen wir Kiefern desselben Bestandes aber mit verschiedener Ausbildung der Krone, so haben wir eben nicht nur eine verschiedene Gröſse der transpirierenden Fläche, sondern auch eine verschiedene Gröſse der Assimilation und eine verschiedene Wachstumsenergie. Ebenso entspricht die Gröſse des Wurzelsystems dem Umfang der Krone und mit der vermehrten Aufnahme und Abgabe von Wasser steigt natürlich auch die Menge der dem Baume zugeführten mineralischen Bestandteile, die wiederum anregend auf die Wachstumsthätigkeit wirken.

Die Transpiration ist demnach nur ein Glied in der Kette von Vorgängen, welche eine Erhöhung der Wachstumsenergie hervorbringen, wir werden daher richtiger sagen, daſs die Vermehrung des Frühholzes durch die Steigerung der Wachstumsenergie bedingt ist. Eine Steigerung der Wachstumsenergie, wie sie durch günstigere Ernährungsbedingungen geschaffen wird, hat wie wir früher gesehen haben, eine Vergröſserung der Zellen in radialer Richtung zur Folge. Diese Zellvergröſserung wirkt dem Druckreize entgegen, welcher auf Verkleinerung der Zellen und Verdickung der Wände hinwirkt. Durch diese Gegenwirkung wird erzielt, daſs die Spätholzbildung relativ später eintritt und daher das Spätholzprozent kleiner bleibt.

Bei einer solchen durch die Vergröſserung der Wachstumsenergie vermittelten Steigerung des Querschnitts der leitenden Fläche ist es begreiflich, wenn die Gröſse derselben nicht vollkommen und bis ins einzelne gehend der Gröſse des Transpirationsstromes entspricht, aber doch im groſsen und ganzen ein für die Wasserbewegung vorteilhafter anatomischer Aufbau des Holzes erzielt wird. Nur wenn die Transpiration selbst die Menge des Leitungsgewebes bestimmen würde, könnte eine genauere Anpassung an die Funktion der Wasserleitung stattfinden.

Sechzehntes Kapitel.

Eigene Auffassung der Vorgänge bei der Bildung des Spätholzes.

Im folgenden sei es mir gestattet, meine durch die vorausgehenden Untersuchungen begründeten Anschauungen in Kürze zusammenzufassen.

Wie niemand bestreitet, ist das Spätholz ein spezifisches Festigungsgewebe. Die Fähigkeit der Kiefer, ein solches mechanisches Gewebe in Form dickwandiger und radial verkürzter Tracheiden auszubilden, ist eine ererbte Eigenschaft, geradeso wie der verschiedene anatomische Bau der Nadelhölzer und Laubhölzer nicht auf äufsere Ursachen, sondern auf Vererbung beruht.

Die Quantität des gebildeten Spätholzes ist abhängig von äufseren Faktoren. Bei der Kiefer wird die Ausbildung mechanischer Zellen ebenso wie bei anderen Pflanzen bestimmt 1. durch mechanische Faktoren, wie die Gröfse des Drucks, 2. durch Faktoren, welche die Gröfse des Wachstums, und die Ernährung beeinflussen.

Es besteht thatsächlich eine den mechanischen Anforderungen in weitgehendem Mafse entsprechende Verteilung und quantitative Ausbildung des Spätholzes. Mit der einfachen Konstatierung dieser Thatsachen würden wir nur eine teleologische Erklärung liefern, wenn wir nicht zugleich als Ursache dieser Anpassung an die mechanische Beanspruchung die Gröfse der Druckwirkung erkannt hätten. Die bisherigen Versuche, die Spätholzbildung durch Ernährungsverhältnisse, Wassergehalt etc. zu erklären, leiden an dem gemeinschaftlichen Fehler, dafs die den mechanischen Anforderungen entsprechende Quantität des Spätholzes gewissermafsen nur als ein Nebenprodukt dieser Faktoren erscheint. Bei einer derartigen Wirkung nicht mechanischer Faktoren wäre eine genaue Anpassung an die mechanischen Anforderungen nicht zu erklären. Eine genaue Selbstregulation, eine auch lokalen mechanischen Ansprüchen genügende Ausbildung des Festigungsgewebes ist nur dann möglich, wenn der Druck selbst zugleich als ein die Ausbildung des Spätholzprozentes beeinflussender Faktor wirkt.

Die Beobachtungen an exzentrisch gewachsenen Kiefern mit ungleichseitigem Druck, die Ausbildung des Spätholzes in verschiedener Stammhöhe, der Vergleich ungleich stark gewachsener Stämme liefsen mit Sicherheit erkennen, dafs thatsächlich die Quantität des Spätholzes den verschiedenen mechanischen Ansprüchen vollständig entspricht.

Die mechanische Festigung des Stammes kann aber nicht nur durch

die relative Steigerung der Spätholzmenge im Vergleich zur Frühholzmenge erreicht werden, sondern auch durch die Vergröfserung des Dickenwachstums. Den mechanischen Ansprüchen könnte in derselben Weise genügt werden, wenn nur Frühholz gebildet würde, da an einem Querschnitt eine entsprechend gröfsere Fläche weniger festen Frühholzes denselben Widerstand leisten kann als eine kleinere Fläche mit festeren Spätholzzellen. Wenn es bei der Kiefer überhaupt zur Festigung durch besondere mechanische Zellen kommt, so dürfte dies auf spezielle Vorteile, wie die Ökonomie an plastischem Material, Einschränkung der Wachstumsperiode zurückzuführen sein, Vorteile, die wir im einzelnen nicht zu übersehen vermögen.

Jedenfalls haben wir mit der Thatsache zu rechnen, dafs die Gröfse des Dickenwachstums bei der mechanischen Festigung eine Rolle spielt und somit Faktoren, welche auf das Dickenwachstum einwirken, auch das Verhältnis zwischen Frühholz und Spätholz beeinflussen müssen. Bei stärkerem Dickenwachstum wird ein relativ gröfserer Teil der mechanischen Festigung durch das Frühholz geleistet.

Der Vergleich der mit verschieden grofser Krone versehenen Kiefern zeigt, dafs die besser ernährten Stämme einen gröfseren Gesamtzuwachs und zugleich ein niedriges Spätholzprozent aufweisen. Die Steigerung der Wachstumsenergie, welche mit der stärkeren Ausbildung der Krone zusammenhängt, hat demnach einen das Frühholzprozent herabsetzenden Einflufs. Dies gilt jedoch nur innerhalb gewisser Grenzen, indem bei weitgehender Verminderung der Wachstumsenergie die Bedingungen für die Ausbildung von Spätholz nicht mehr vollständig gegeben sind. Ist die Wachstumsenergie unter ein gewisses Mafs herabgegangen, wird durch eine Zunahme der Wachstumsenergie eine Erhöhung des Spätholzprozentes erreicht. Wir beobachten dies nicht nur bei unterdrückten Stämmen mit ungenügender Kronenausbildung, sondern auch bei alten Stämmen, deren Wachstumsenergie trotz des Freistandes und der genügenden Kronenausbildung wegen des Alters zurückgegangen ist.

Differenzen in der Wachstumsgröfse bestehen aber auch bei gleicher Ausbildung der teilungsfähigen Zellen. Sie werden durch die in den einzelnen Jahren wechselnden Witterungsverhältnisse hervorgerufen. Günstige Verhältnisse zu Beginn der jährlichen Wachstumsperiode bewirken eine Vermehrung des Frühholzes, ebenso wie günstige Verhältnisse am Schlufs der jährlichen Wachstumsperiode eine Vermehrung des Spätholzes herbeiführen. Eine Verkürzung der Dauer des Wachstums durch Verzögerung der Wachstumsvorgänge am Anfang hat eine Erhöhung des Spätholzprozentes zur Folge. Hiermit hängt die ungleiche Qualität des Kiefernholzes in klimatisch verschiedenen Wachstumsgebieten zusammen.

Auffallende Veränderungen im Spätholzprozent der einzelnen Jahre entstehen auch durch Frafsbeschädigungen an den Nadeln, wobei neben den durch den Frafs bedingten Verschiedenheiten in der Verteilung des Drucks auch andere Faktoren zu berücksichtigen sind.

Aufser den durch ernährungsphysiologische Faktoren hervorgebrachten

Änderungen der Wachstumsenergie ist noch die Thatsache zu berücksichtigen, dafs auch durch den verschiedenen Druck Wachstumsdifferenzen bedingt sind. Ist die Steigerung der Wachstumsenergie durch erhöhten Druck bedingt, so nimmt das Spätholzprozent zumeist nicht ab, es kann sogar eine sehr wesentliche Steigerung desselben eintreten.

Da durch die Steigerung des Wachstums infolge einer gröfseren Kronenentwickelung die Ausbildung von Frühholz begünstigt wird, nimmt die Bildung der Leitungsbahnen in einer zweckmäfsigen Weise zu, es liegt jedoch keine direkte Reizwirkung vor, bei welcher die Transpirationsgröfse als Reiz fungieren würde. Die Anpassung der Gröfse der Leitungsbahnen an die Bedürfnisse der Transpiration ist deshalb auch keine vollständige und genaue, während der anatomische Bau in weitgehendem Mafse den Druckverhältnissen entspricht.

Es fragt sich nun, wie der als Reiz wirkende Druck bei dem Ineinandergreifen verschiedener Faktoren zur Geltung kommt.

Der Druckreiz ist von Beginn des Wachstums an vorhanden, demselben wirken jedoch andere Faktoren entgegen, infolgedessen tritt der Effekt des Druckes, die Verdickung der Wand und die Verkürzung des radialen Durchmessers der Zellen erst dann ein, wenn der Druck eine Zeitlang gewirkt hat[1]). Ebenso wie bei verschiedenen anderen Reizerscheinungen zwischen Reiz und Reizeffekt ein gröfserer Zeitintervall liegen kann, bleibt die Reizwirkung des Druckes auf die Tracheiden der Kiefer eine Zeitlang latent. Je kürzer dieses Stadium der Latenz dauert, desto früher und relativ mehr Spätholz wird gebildet. Faktoren, welche diesen Latenzzustand verlängern, drücken auch das Spätholzprozent herab. Der Latenzzustand, währenddem Frühholz gebildet wird, kann aber sowohl durch die Steigerung der Druckhöhe als durch die Verminderung der Wachstumsenergie verkürzt werden.

Bei gleicher Wachstumsenergie wird um so mehr Spätholz gebildet, je stärker der Druck ist. Wir erkennen dies besonders an solchen Scheiben verschiedener Stammhöhe, deren Flächenzuwachs oder deren Jahresringbreite in einer bestimmten Periode gleich ist, wo aber infolge der bestehenden Druckdifferenzen ein ungleich hohes Spätholzprozent gebildet wird.

Bei gleichem Druck ist das Spätholzprozent um so geringer, je gröfser die Wachstumsenergie ist. Dies gilt jedoch nicht, sobald die Wachstumsenergie unter ein gewisses Mafs sinkt, da in diesem Falle die formalen Bedingungen für die Ausbildung dickwandiger Zellen nicht oder nur unvollständig gegeben sind.

Wird die Energie des Dickenwachstums durch den Druck gesteigert,

---

[1]) Ob der Längsdurchmesser der Tracheiden sich infolge des Druckes verändert, habe ich nicht untersucht, doch wäre es nach den Untersuchungen von G. A. Ewald Schulze (Dissert. Halle 1882) zu schliefsen wohl möglich, dafs infolge des Druckes analog wie bei dem Spätholz von Larix europaea unter bestimmten Verhältnissen eine Verlängerung der Zellen gegenüber dem Frühholz eintritt.

so ist der Endeffekt, d. h. die Höhe des Spätholzprozentes von dem Verhältnis zwischen Höhe des Druckes und Steigerung der Energie des Dickenwachstums abhängig. Die absolute Spätholzfläche dagegen steigt mit der Gröfse des Druckes.

Für das Verständnis der Vorgänge bei der verschiedenen Ausbildung des Jahresringes ist der Nachweis wichtig, dafs die radiale Streckung der Zellen von der Gröfse der Wachstumsenergie beeinflufst wird. Bei Steigerung der Wachstumsenergie durch günstige Ernährungsverhältnisse wird auch die radiale Ausdehnung der Tracheiden gesteigert. Vergleichen wir eine Kiefer, die mit einer umfangreichen Krone versehen auf gutem Boden wächst, mit einer zweiten Kiefer auf geringerem Boden und mit weniger umfangreicher Krone, so ist die Wachstumsenergie der ersteren natürlich gröfser und die Tracheiden haben unter sonst gleichen Verhältnissen durchwegs eine gröfsere radiale Ausdehnung. Ebenso sind an demselben Baum in einem für das Wachstum günstigen Jahre die Tracheiden gröfser als in einem ungünstigen Jahre.

Zu einem anderen Resultate gelangen wir, wenn die Steigerung der Wachstumsenergie als Folge der Druckwirkung erscheint, wie sich dies am sichersten bei exzentrisch gewachsenen Scheiben nachweisen läfst. In diesem Falle ist die Erhöhung der Wachstumsenergie nicht mit einer entsprechenden Vergröfserung aller Tracheiden verbunden, wir finden vielmehr an der Seite des stärksten Druckes resp. des stärksten Dickenwachstums die Frühholzzellen kleiner ausgebildet, trotz der gröfseren Wachstumsenergie. Dieser Umstand ist für unsere ganze Anschauung von der gröfsten Wichtigkeit weil daraus hervorgeht, dafs thatsächlich durch den Druck ein Kleinerbleiben des radialen Tracheidendurchmessers herorgerufen wird. Ebenso gewinnt die Dicke der Zellwand mit dem Druck. Verkürzung des radialen Durchmessers und Verdickung der Zellwand sind aber die charakteristischen Merkmale des Spätholzes und wir dürfen annehmen, dafs die Spätholzbildung durch den Druck veranlafst und reguliert wird. Faktoren, welche auf die Vergröfserung der Zellen (in radialer Richtung) hinwirken, müssen der Druckwirkung entgegen wirken. Bei Stämmen mit stärkerem Wachstum, wie es Kiefern mit umfangreicherer Krone bieten, werden die Tracheiden gröfser, der Erfolg der Druckwirkung, d. h. die Spätholzbildung tritt später ein und das Spätholzprozent geht zurück, oder mit anderen Worten die Druckwirkung bleibt länger latent.

Zur Zeit ist es nicht möglich im einzelnen die Beziehungen zu übersehen, welche das Hinausschieben des Druckeffektes bewirken. Durch die Untersuchungen von R. Hegler ist jedoch bewiesen, dafs thatsächlich nicht alle Phasen der Entwickelung in gleicher Weise für einen mechanischen Reiz empfänglich sind. R. Hegler[1]) hat den Einflufs des mechanischen Zugs auf das Längenwachstum der Pflanze untersucht. Der Zug als Reiz

[1]) R. Hegler, Über den Einflufs des mechanischen Zugs auf das Wachstum der Pflanze. F. Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. VI, Heft 3, 1893. S. 13 ff. des Sep.-Abdr.

wirkend verursacht eine Verlangsamung des Wachstums. Die retardierende Wirkung eines spannenden Gewichtes ist am Anfang der gesamten Wachstumsperiode aufserordentlich stark, nimmt zunächst allmählich, schliefslich sehr rasch ab und sinkt im Wachstumsmaximum in den meisten Fällen auf Null, um mit der Abnahme der Wachstumsenergie wieder eine Zunahme zu erfahren. Ebenso wie bei der grofsen Periode des Wachstums macht sich eine verschiedene Reizbarkeit bei der täglichen Periode geltend. Während des täglichen Maximums findet keine oder eine viel geringere Verlangsamung, in den meisten Fällen sogar eine Beschleunigung statt. Im letzteren Falle tritt an Stelle der als Hemmung auftretenden auslösenden Wirkung eines mechanischen Zuges die direkt mechanische Wirkung desselben, als deren Folge eine dem Äquivalent des Zuges entsprechende Beschleunigung des Längenwachstums erscheint.

Für uns ist in diesem Falle von besonderem Interesse, dafs die Gröfse der Wachstumsenergie von wesentlichem Einflufs auf die Reizbarkeit des Organes ist und was von Hegler für die Zugwirkung gezeigt worden ist, kann möglicherweise auch für die Druckwirkung bei der Kiefer gelten. Meine eigenen Beobachtungen stimmen mit den von Hegler konstatierten Thatsachen insofern überein, als eine Steigerung Energie des Dickenwachstums bei der Kiefer eine Verminderung des Spätholzprozentes herbeiführt. Ebenso kann die normale Aufeinanderfolge von Frühholz und Spätholz in jedem Jahre damit zusammenhängen, dafs die Wachstumsenergie gegen Ende der jährlichen Wachstumsperiode eine geringere ist und deshalb regelmäfsig die Ausbildung von Spätholz der Frühholzbildung folgt. Dagegen stimmt die Höhe des Spätholzprozentes in den verschiedenen Phasen der grofsen Periode des Dickenwachstums der Kiefer nicht mit den Resultaten von Hegler überein. In den jugendlichen Phasen der Pflanze, sowie der einzelnen Triebe wird zunächst wenig Spätholz gebildet, obgleich wenigstens der Flächenzuwachs gering ist, während bei höherem Flächenzuwachs älterer Scheiben das Spätholzprozent steigt. Dabei ist jedoch zu bedenken, dafs einerseits die Frequenz der Zellteilungen in der Jugend eine hohe ist und aufserdem die Druckwirkung eine geringere. Beide Faktoren können zusammen auf die Bildung eines geringeren Spätholzprozentes hinwirken.

Wenn im Alter eines Baumes eine Abnahme von Flächenzuwachs und Zellteilungsfrequenz eintritt und zugleich das Spätholzprozent sinkt, so ist hier zu berücksichtigen, dafs, wie schon bei den im jüngeren Alter unterdrückten Stämmen erwähnt wurde, ein gewisser Grad von Wachstumsenergie notwendig ist, dafs der Druckreiz voll zur Geltung kommt. Aufserdem kann im Alter, wenn das Höhenwachstum des Stammes unbedeutend ist und die Krone sich nicht weiter vergröfsert oder sogar abnimmt, während die Vergröfserung des Stammquerschnittes noch weiter geht, eine Verminderung der Druckgröfse pro Flächeneinheit eintreten, welche ebenfalls zur Verminderung des Spätholzprozentes beitragen mufs.

Ein vollständiges Fehlen der Reizbarkeit für Druck möchte ich zur Zeit der Frühholzbildung nicht annehmen, ebenso wie nach Hegler wäh-

rend des Maximums der grofsen Periode die Empfindlichkeit für Zug keineswegs vollständig aufgehoben ist (l. c. S. 18). Ich nehme dies an, weil bei genügend hohem Druck auch trotz starken Wachstums ein Kleinerbleiben der Frühholzzellen herbeigeführt wird und ferner bei jugendlichen Organen an Stelle des typischen Spätholzes die Druckzonen auftreten können, welche ebenfalls die Merkmale des Spätholzes, wenn auch in mehr unbestimmter Form aufweisen, nämlich die Wandverdickung und häufig auch das Kleinerbleiben der Zellen.

Eine Eigentümlichkeit der Druckwirkung bei der Kiefer besteht auch darin, dafs durch den Druck einerseits auf die Ausbildung radial verkürzter Zellen hingewirkt, andererseits aber die Energie des Dickenwachstums gesteigert wird. Die Thatsache, dafs die Steigerung des Spätholzprozentes der lokalen Vermehrung des Dickenwachstums nicht proportional ist, führte ich auf die Verschiedenheit der Druckwirkung zurück, indem bei der Spätholzbildung aufser den durch die Biegungen des Stammes hervorgebrachten Verkürzungen der Zellen in longitudinaler Richtung auch die Gröfse der auf dem Querschnitte ruhenden Last in Betracht kommt. Möglicherweise kann aber auch, wie ich zugeben mufs, ein anderer Zusammenhang bestehen.

Zum Schlufs möchte ich noch anführen, dafs die oben erwähnte Latenz der Druckwirkung vielleicht auch durch die Bildung bestimmter Stoffe zu erklären ist, die sich erst infolge der Druckwirkung ausbilden und sobald sie in genügender Menge angesammelt sind, zu der Entstehung von Spätholzzellen Veranlassung geben.

Nach Verworn[1]) können im Muskel und wahrscheinlich in jeder lebendigen Substanz zwei verschiedene Ursachen der Ermüdung eintreten. Verworn sagt: „Wir sehen Ermüdungserscheinungen einerseits, wenn gewisse Stoffe, die zum Leben notwendig sind, durch angestrengte Thätigkeit schneller verbraucht als zugeführt oder neugebildet werden, andererseits wenn gewisse Stoffe, die als Zerfallsprodukte durch die Thätigkeit entstehen, sich in solcher Menge anhäufen, dafs sie eine lähmende Wirkung hervorrufen.“ Den ersten Fall bezeichnet Verworn als Erschöpfung, den zweiten als Ermüdung.

Es wäre nun sehr wohl denkbar, dafs unter der Wirkung des Drucks ebenfalls Stoffwechselprodukte entstehen, welche erst dann einen Einflufs auf Zellgröfse und Wandverdickung gewinnen, wenn sie sich in einer bestimmten Quantität angesammelt haben. Die Produktion und Anhäufung derartiger den Ermüdungsstoffen gleich zusetzender Substanzen könnten sowohl durch die Verschiedenheit der Wachstumsenergie als durch die verschiedene Höhe des Drucks verändert werden, wodurch die oben angeführten Erscheinungen sich in ungezwungener Weise erklären liefsen. Sehr interessant sind in dieser Beziehung die Angaben von F. Czapek, nach denen in geotropisch gereizten Wurzelspitzen eine quantitative Ver-

---

[1]) M. Verworn, Allgemeine Physiologie. II. Aufl. 1897. S. 473.

mehrung reduzierender Körper und eine quantitative Verminderung einer leicht Sauerstoff abgebender Substanz stattfindet. Die Entstehung besonderer Stoffe infolge der Reizwirkung durch Druck wäre demnach kein Vorgang, der ohne Analogie dasteht.

Die näheren Vorgänge sind natürlich durch solche Hypothesen nicht erklärt und wie bei allen Reizerscheinungen wird auch hier ein Komplex von Vorgängen übrig bleiben, in welchen einzudringen unüberwindliche Schwierigkeiten bietet. Mit der Thatsache jedoch, daſs der longitudinale Druck sowohl auf das Dickenwachstum als auf die Spätholzbildung einen wesentlichen Einfluſs ausübt, wird man bei jeder weiteren Untersuchung zu rechnen haben. Das Prinzip, daſs die Gröſse der mechanischen Beanspruchung als Reiz wirkend die Menge der mechanischen Zellen bestimmt, dürfte allgemeinere Bedeutung haben und als ein wichtiger Faktor für den anatomischen Bau der Organismen anzusehen sein.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Fig. 1—5 stellen die Scheiben I—V der auf Seite 161 abgebildeten Kiefer 39 in $^1/_5$ natürlicher Gröfse dar. Die Lage der Scheiben ist aus den Angaben auf Seite 162 ersichtlich. Das vor dem Wipfelbruch des Stammes gebildete Holz, sowie nach dem Wechselbruch jeder 10. Jahresring sind künstlich dunkelgefärbt.

Fig. 6. Verletzungsstelle an der Zugseite von Scheibe IV der Kiefer 39 in natürlicher Gröfse (vergl. S. 170). Der Rifs unter der Überwallung ist erst nachträglich beim Austrocknen der Scheibe entstanden.

Fig. 7. Scheibe II der schief gestellten Kiefer 28 in $^1/_8$ natürlicher Gröfse. Das Dickenwachstum der Ostseite resp. Druckseite ist stark begünstigt, doch sind gewisse Schwankungen in der Richtung des stärksten Wachstums zu beobachten (vgl. S. 179.)

Fig. 8. Stück aus Scheibe IV der Kiefer 31 in natürlicher Gröfse. Die Figur zeigt die starke Erhöhung des Dickenwachstums nach Verletzungen (vergl. S. 170).

Tafel II—IV.

Die Kurven stellen den Gang des Flächenwachstums der verschieden hohen Stammquerschnitte in 10jährigen Zuwachsperioden dar. Die Scheiben sind mit römischen, die Jahre mit arabischen Zahlen bezeichnet. Die Seite eines Quadrates des Grundnetzes entspricht einem jährlichen Flächenzuwachs von 2 qcm. Die genaueren Werte für den Flächenzuwachs finden sich in den Tabellen 3—21 auf S. 17—34.

Tafel V—IX.

Die mit den Zahlen der einzelnen Kiefern bezeichneten Kurven zeigen die jährlichen Differenzen des Flächenzuwachses in dem Zeitraum von 1874—1897. Zur Konstruktion der Kurven sind die Werte der Tabellen 39—42 auf S. 98—103 verwendet, wobei die Seite eines Quadrates des Grundnetzes einem jährlichen Flächenzuwachs von 1 qcm entspricht. Um die gegenseitige Deckung der Kurven zu vermeiden, worunter die Übersichtlichkeit gelitten hätte, mufsten die Nullpunkte der einzelnen Kurven verschoben werden. Über die Gewinnung der Mittelwerte für das Flächenwachstum der einzelnen Kiefern s. S. 96.

Druck von Hermann Beyer & Söhne in Langensalza.



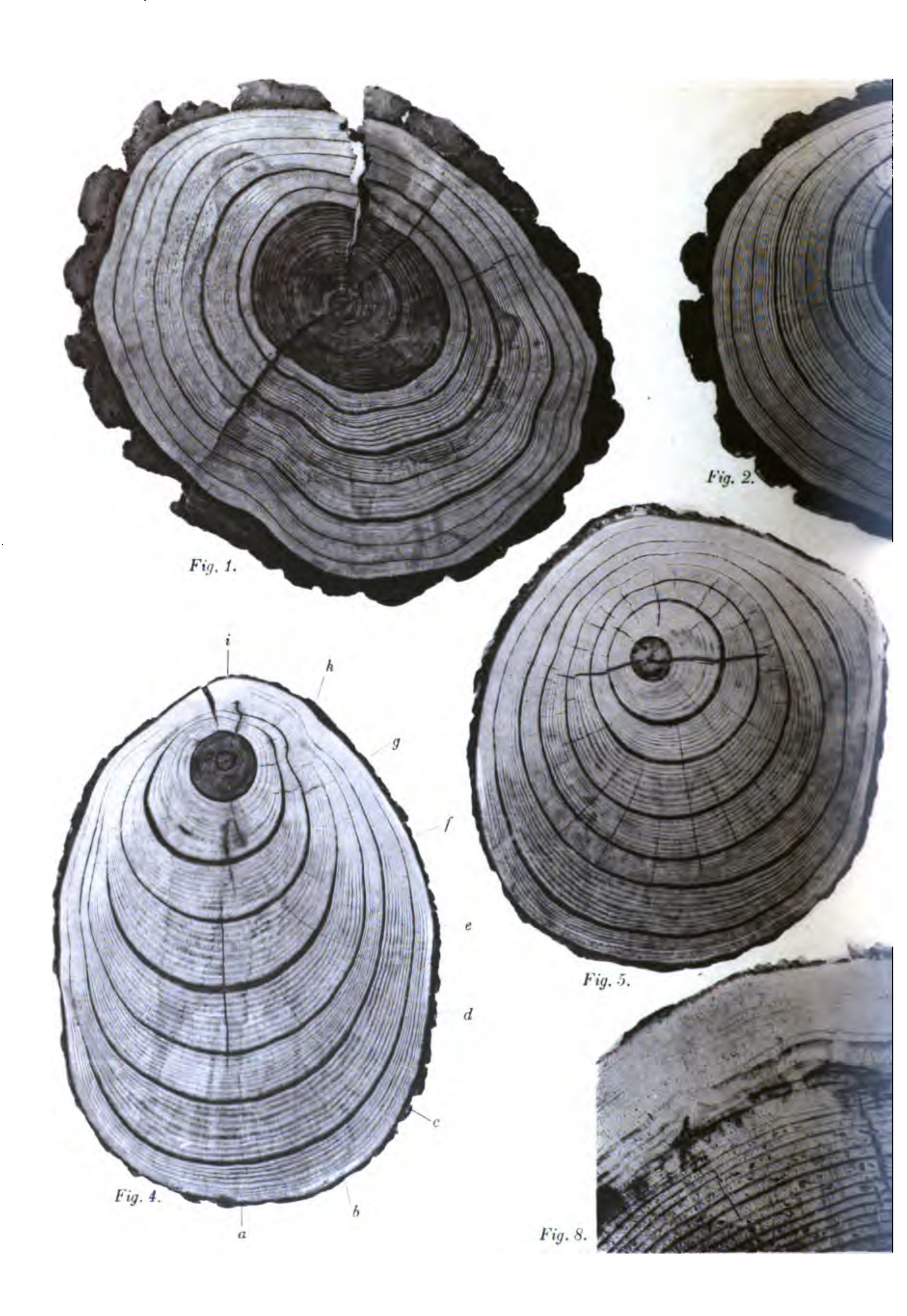


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 8.

Tafel I.

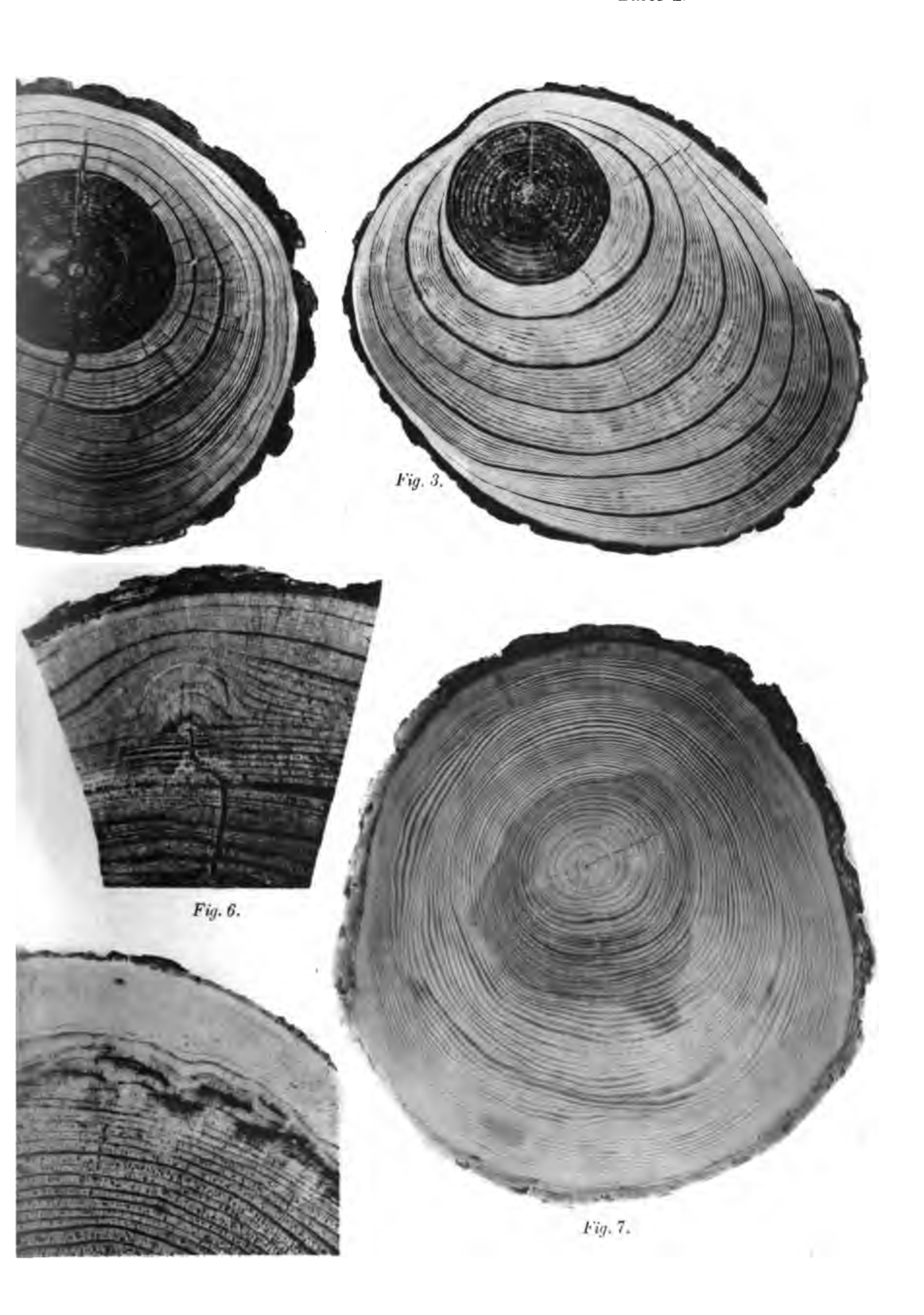
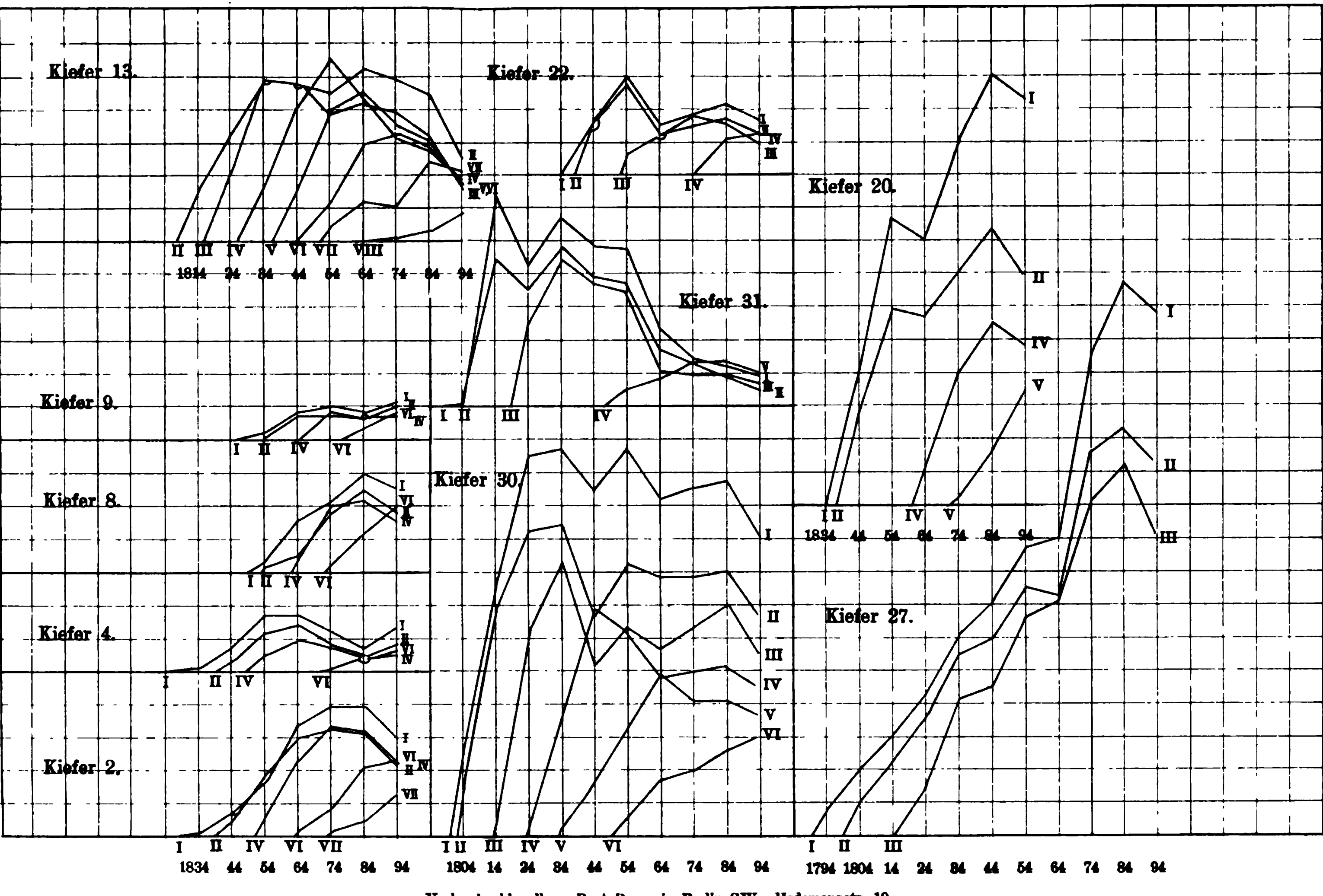


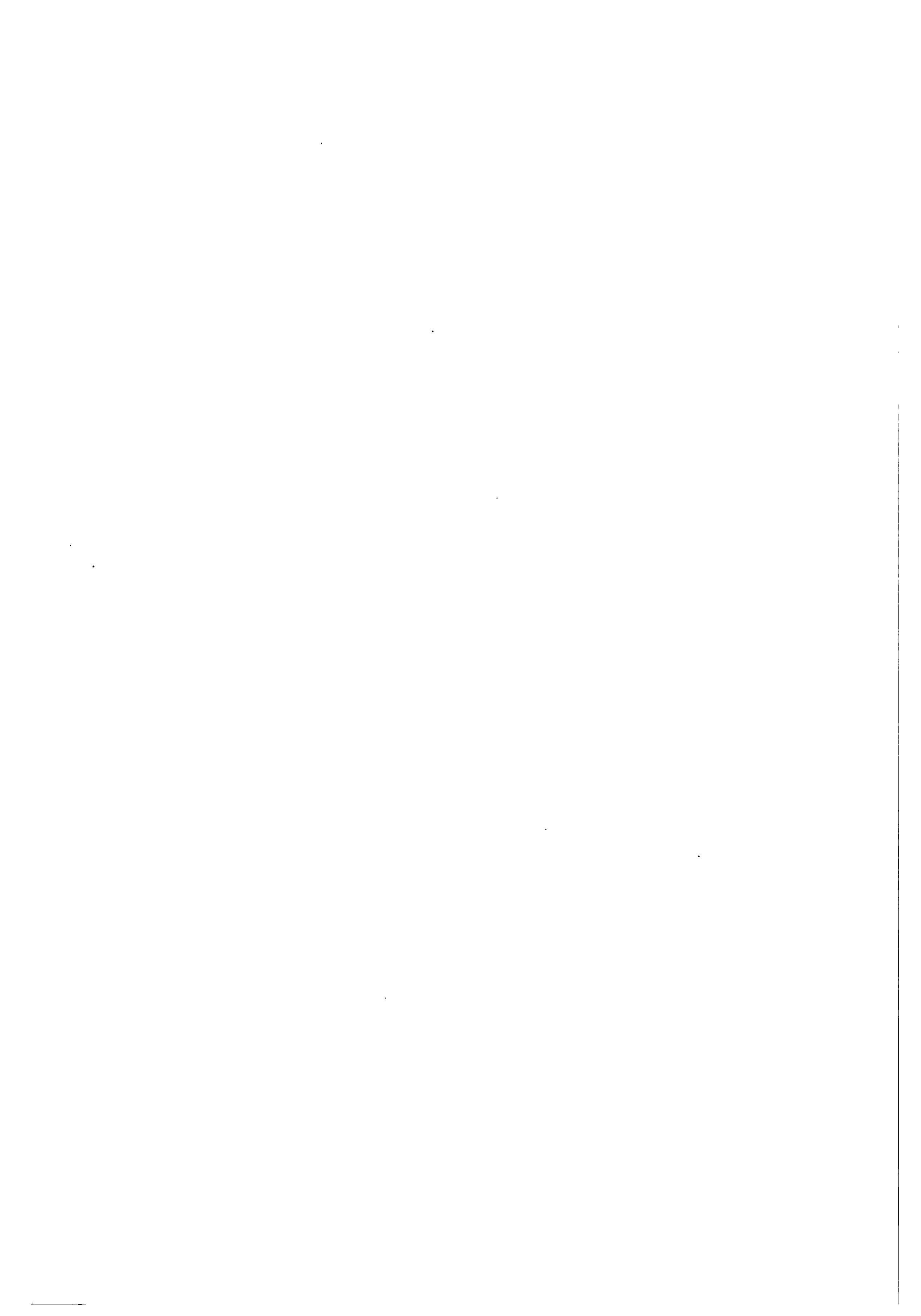
Fig. 3.

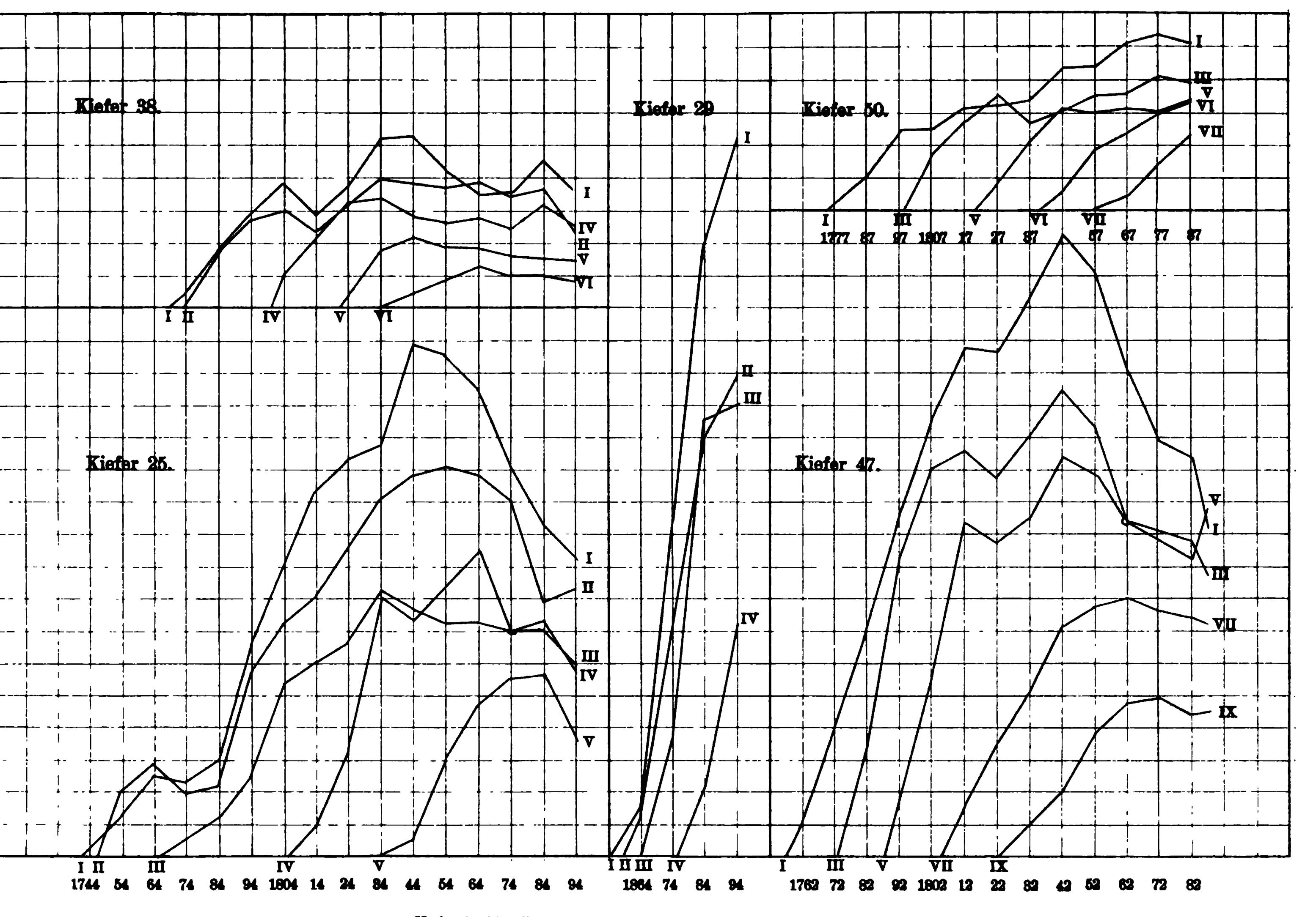
Fig. 6.

Fig. 7.

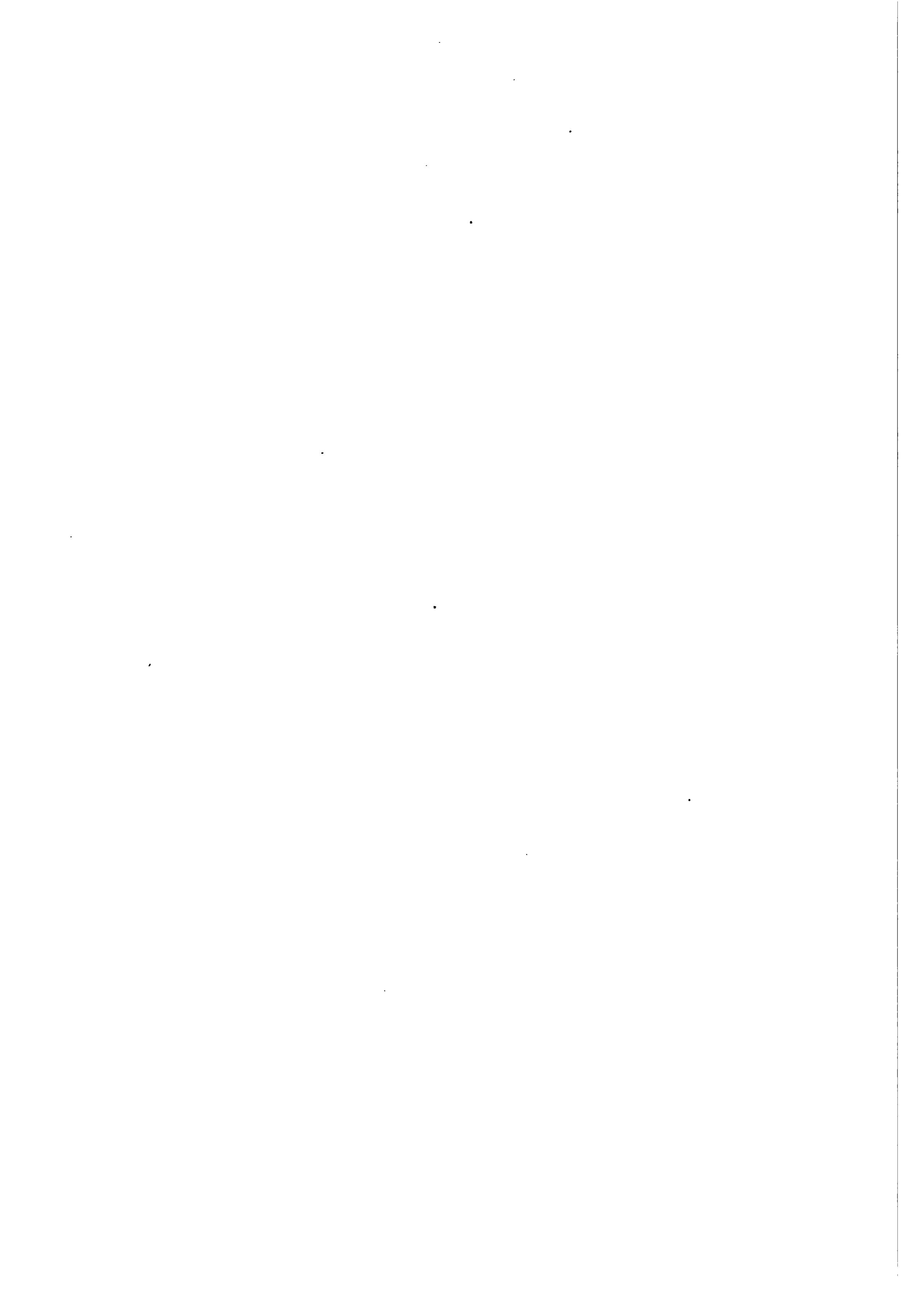


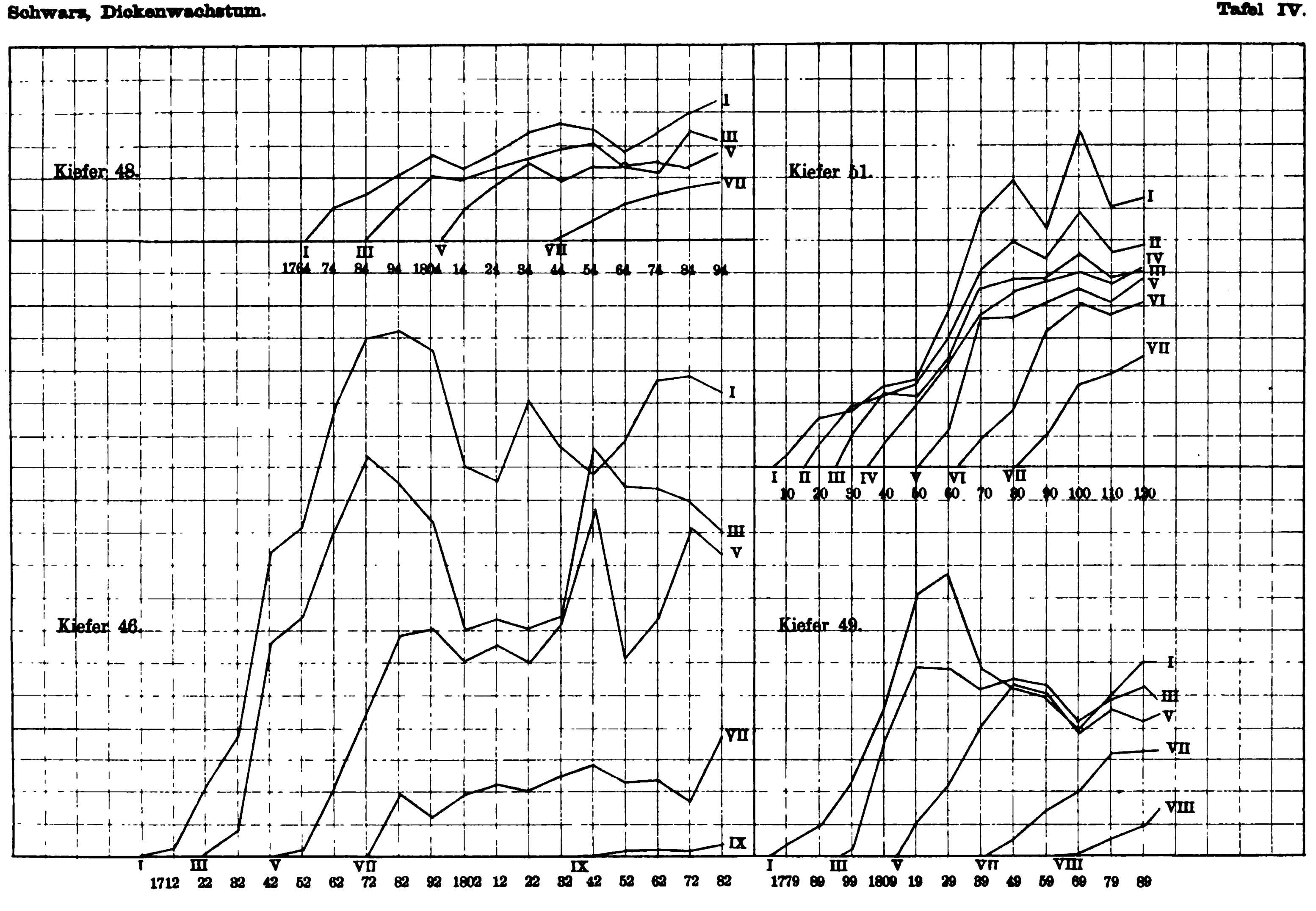
Verlagsbuchhandlung Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstr. 10.



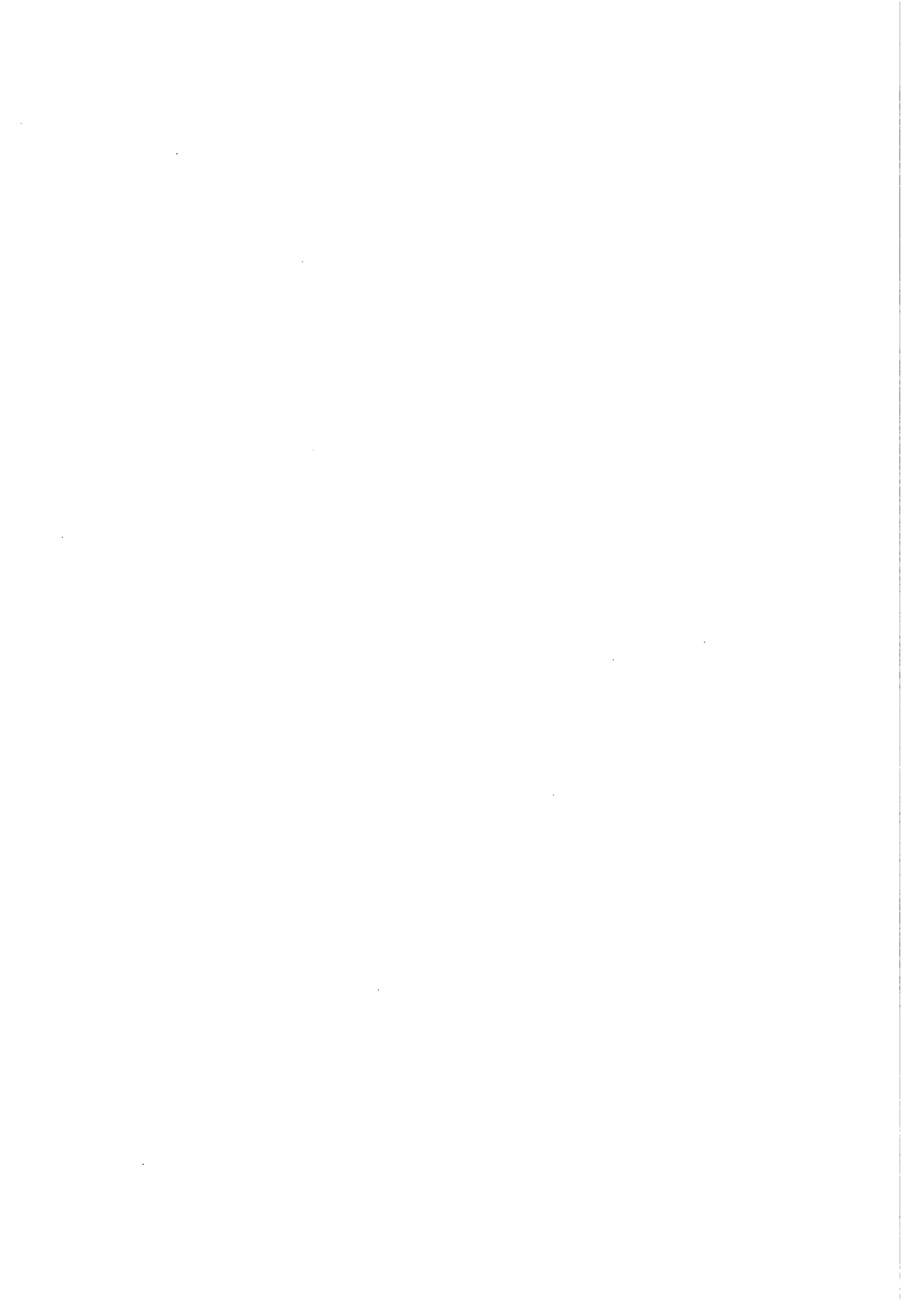


Verlagsbuchhandlung Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstr. 10.





Verlagsbuchhandlung Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstr. 10.





74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95

13

Nullpunkt 13.

1

2

3

Nullpunkt 1.

4

5

Nullpunkt 2, 3, 4.

Nullpunkt 5.

28

20

Nullpunkt 28.

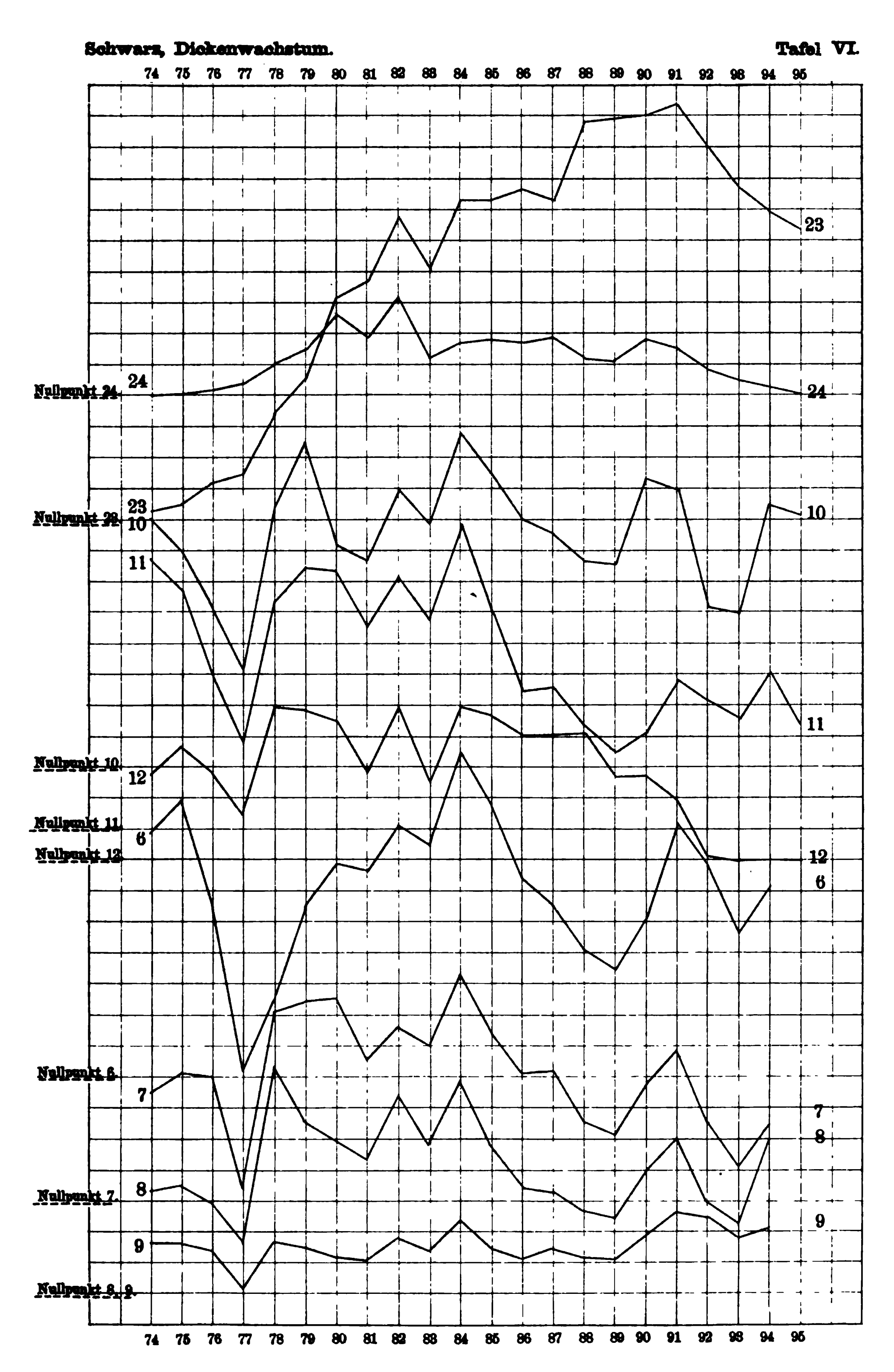
21

22

Nullpunkt 20, 21, 22.

74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95

Verlagsbuchhandlung Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstr. 10.



Verlagsbuchhandlung Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstr. 10.



